МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

СНК-2026

Материалы всероссийской студенческой научной конференции Московского Политеха

(Москва, 20–24 апреля 2026 г.)

Текстовое электронное издание

Москва
2026

Об издании 1, 2

УДК 004+009+30+33+62+655+69(082)
ББК 30+60+76
С53

Рецензенты:
Н.В. Артемьев, д.э.н., профессор кафедры экономики АНО ВО «Институт международных экономических связей»;
С.Ю. Ефремова, д.б.н., профессор ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»

С53 **СНК-2026:** материалы всероссийской студенческой научной конференции Московского Политеха (Москва, 20–24 апреля 2026 г.). – Москва: Московский Политех, 2026. – 1 CD-R. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.
ISBN 978-5-2760-3012-8.

Сборник материалов конференции, которая состоялась в Московском Политехе 20−24 апреля 2026 г., включает статьи, подготовленные ее участниками из ведущих технических российских вузов. На конференции работали десять секций, охватывающих актуальные направления развития науки и техники.

Издание может представлять интерес и практическую пользу для студентов старших курсов, аспирантов технических вузов, а также широкой читательской аудитории.

УДК 004+009+30+33+62+655+69(082)
ББК 30+60+76

Статьи представлены в авторской редакции;
авторы несут ответственность за предоставленную информацию.

Системные требования: PC-совместимый процессор 1,3 ГГц и выше.
Оперативная память (RAM): 256 Мб. Необходимо на винчестере: 350 Мб.
Операционные системы: Windows, Mac OS. Видеосистема: разрешение экрана 1024x768.
Дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 9 и выше.

ISBN 978-5-2760-3012-8
© Московский Политех, 2026

Содержание

Введение 14

Секция. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ 15

Абилхан А.С.
УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВИДЕОПОТОКА АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ ADAS 15

Аширов А.А.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКА АНОМАЛЬНЫХ ТРАНЗАКЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 18

Бровин И.Д.
О ВЛИЯНИИ ОТЖИГА И ВЛАГООТДАЧИ НА СВОЙСТВА ДИАТОМИТОВОЙ КЕРАМИКИ 23

Гнатюк А.В.
ЭРГОНОМИКА И ДИЗАЙН ЦИФРОВЫХ ШКАЛ В СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЯХ 27

Дановский А.Д.
ПРОБЛЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ И НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ STEER-BY-WIRE В РОССИИ: АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ПРАВИЛ ООН № 79 И ТР ТС 018/2011 32

Круткин И.М.
УНИФИКАЦИЯ И МОДУЛЬНОСТЬ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕРЬЕРА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ 37

Никифоров Н.А.
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ТРАНСМИССИЯ: РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОРОБКОЙ ПЕРЕДАЧ 41

Радченко И.М.
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНТЕРФЕЙСА ПАНЕЛИ ПРИБОРОВ НА ЗРИТЕЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВОДИТЕЛЯ 44

Товкач П.А.
АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ КЛАПАННОЙ ПРУЖИНЫ СРЕДНЕОБОРОТНОГО ДВИГАТЕЛЯ 49

Секция. ДИСКУРС ТЕКСТА: ОТ ЛИТЕРАТУРНОГО НАСЛЕДИЯ К ПРАКТИКЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕДИА 53

Соловьева А.К.
РОЛЬ ПРОФИЛЬНЫХ ЗНАНИЙ ПРИ РАБОТЕ В НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ СМИ НА ПРИМЕРЕ МАТЕРИАЛОВ СТУДИИ «РОСКОСМОС МЕДИА» 53

Самитова О.Б.
АСПЕКТЫ КОММУНИКАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ НЕЗАВИСИМЫХ КНИЖНЫХ МАГАЗИНОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА 56

Подъяблонская П.И.
ХУДОЖЕСТВЕННАЯ МЕТАГЕОГРАФИЯ ИОСИФА БРОДСКОГО: ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕТЕРБУРГСКОГО ТЕКСТА 60

Пешкин С.Е., Трубицина А.Д.
ФЕНОМЕН «ЦИФРОВОГО СОАВТОРСТВА»: ЭТИКО-ПРАВОВЫЕ РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В СОЗДАНИИ ТЕКСТОВ 68

Новиков А.Н.
МЕТАФОРА КАК СРЕДСТВО РЕЧЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
В СОВРЕМЕННОМ МЕДИЙНОМ ПРОСТРАНСТВЕ 72

Антонова А.А.
ЖУРНАЛИСТИКА ВНУТРИ КОМПАНИИ: КАК ГОВОРИТЬ С СОТРУДНИКАМИ
И ВНЕШНЕЙ АУДИТОРИЕЙ НА ЯЗЫКЕ КОРПОРАТИВНЫХ СМИ 77

Иванова А.Е.
ЖАНРОВАЯ СТРУКТУРА ПУБЛИКАЦИЙ О РОССИЙСКО-КИТАЙСКИХ
ОТНОШЕНИЯХ В КАЧЕСТВЕННОЙ ПРЕССЕ 83

Власова В.В.
АКСИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ЛАНДШАФТА
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КИМРЫ) 86

Плукчий М.А.
СПЕЦИФИКА РЕДАКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ АВТОРСКИХ ТЕКСТОВ
ДЛЯ ЗАКАЗНЫХ ИЗДАНИЙ 97

**Секция. ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОЕ ИСКУССТВО
И ВИЗУАЛЬНЫЕ КОММУНИКАЦИИ 101**

Боровинич Д.
СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ
СТАРОСЛАВЯНСКИХ ЗНАКОВ В СОВРЕМЕННОМ ДИЗАЙНЕ ШРИФТА 101

Глазунова Д.Д.
ШРИФТОВАЯ ГРАФИКА В НАРУЖНОЙ РЕКЛАМЕ Г. КАЗАНИ
В ПОСЛЕВОЕННЫЙ ПЕРИОД (1945–1953 ГГ.) 104

Горда А.А., Шлямина А.П.
ВЛИЯНИЕ НАТАЛИ ПАРЭН НА РАЗВИТИЕ ЗАРУБЕЖНОЙ ИЛЛЮСТРАЦИИ
С ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX В. ДО НАШИХ ДНЕЙ 109

Демьянченко Д.А.
СТИЛИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ УРБАНИЗАЦИИ
НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДОНЕЦКА 113

Ерохина Е.В., Николаева О.Ю., Остроумова С.А.
ИНКЛЮЗИВНЫЙ ГРАФИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ:
ЭВОЛЮЦИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ 119

Капитонова Д.А.
СТИЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ АРХИТЕКТУРЫ В ГРАФИКЕ
НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДОНЕЦКА 122

Кольцов А.Р.
ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ИЛЛЮСТРАЦИЙ НАСЕКОМЫХ ДОНБАССА
ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ ПЕЧАТНОЙ И СУВЕНИРНОЙ ПРОДУКЦИИ,
СВЯЗАННОЙ С ВЫСТАВКОЙ НАСЕКОМЫХ 127

Копылова О.А.
СИСТЕМНАЯ АЙДЕНТИКА КАК МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ВОСПРИЯТИЯ
АУДИТОРИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ КОММУНИКАТИВНЫХ ФУНКЦИЙ
ВИРТУАЛЬНЫХ БЛОГЕРОВ 132

Пятибрат Е.М.
ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА
В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ 136

Радченко С.С.
СТИЛИЗАЦИЯ ФОРМЫ ДОНЕЦКОГО ВОЛКА В ГРАФИКЕ
НА ПРИМЕРЕ ВОЛКА СЕРОГО 139

Русанова Е.С.
ИСТОРИЯ ГРАВЮРЫ НА КАРТОНЕ И ЕЕ ИНТЕГРАЦИЯ
В СИСТЕМУ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ 144

Фирсова Д.С.
ПУТЕШЕСТВИЕ ПО ИСТОРИИ ДЕТСКОЙ КНИЖНОЙ ИЛЛЮСТРАЦИИ 149

Секция. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ 153

Кандыков А.И.
АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МАССИВОВ
ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ В СРЕДЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ САПР 153

Шаманова Д.Д.
АНАЛИЗ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСОВ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ПРОЛЕТЫ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ 157

Малышкина Е.Е.
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ
НА СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ 161

Ворожцов Г.Д.
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЗДАНИЯ
ПО IFC-МОДЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTHON И IFCOPENSHELL 164

Иванов И.И.
ПУТИ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЛИНКЕРА
ДЛЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА 167

Воротова И.А.
ГРАФЕНОВЫЕ ТРУБКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ 169

Чиркова К.А., Мельчакова О.Ю., Коновалов К.С.
КОНЦЕПЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НУЛЕВЫХ СБРОСОВ (ZLD)
НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ 173

Секция. КУЛЬТУРА ТЕЛА И КУЛЬТУРА МЫСЛИ: СТУДЕНЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ 177

Зверева В.Ю., Павлова Е.А.
ЭКСКУРС В ТВОРЧЕСТВО СОВРЕМЕННЫХ ЮНЫХ АВТОРОВ 177

Хамидуллин А.Р.
ГЕРОИ ЭПОХИ КАК НОСИТЕЛИ ИДЕАЛОВ: ВЛИЯНИЕ ЗНАКОВЫХ ПОБЕД СССР
НА ФИЗИЧЕСКОЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ СТАНОВЛЕНИЕ
СОВЕТСКОЙ МОЛОДЕЖИ (1950−1980-Е ГГ.) 181

Кудряшов М.Е.
КОММУНИКАТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ МОШЕННИКОВ:
МЕХАНИЗМЫ УБЕЖДЕНИЯ И МАНИПУЛЯЦИИ 184

Панфилова В.А.
ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯРНОЙ ИГРЫ В CS2 НА ПРОСТУЮ ДВИГАТЕЛЬНУЮ
РЕАКЦИЮ СТУДЕНТОВ 187

Усачев М.В.
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В АНАЛИЗЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
СТУДЕНТОВ 195

Алтунин Д.А.
ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В РЕЖИМЕ ДНЯ СТУДЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ
НАПРАВЛЕНИЙ КАК УСЛОВИЕ СОХРАНЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ 200

Садокова В.С., Стрелкова Е.В.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОМПЛЕКСА ГТО И АНАЛОГИЧНЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМ ТЕСТИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ.....204

Фазлиева Н.М.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ПОЗВОНОЧНИКА В СИЛОВЫХ, ЦИКЛИЧЕСКИХ И ИГРОВЫХ ВИДАХ СПОРТА И ОСНОВЫ ИХ ПРОФИЛАКТИКИ 209

Ковалева С.Д.
ПРАВОВОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РОССИЙСКИХ СПОРТСМЕНОК 212

Секция. МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВО.....217

Гильвитинов М.О.
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТАЛИ 40Х13, ПОЛУЧЕННОЙ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ЛАЗЕРНОМ ПЛАВЛЕНИИ 217

Жалыбина А.Ю.
РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА СОВМЕСТИМОСТИ Kc ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕСТАВРАЦИИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ 220

Сергеев В.О.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РАБОЧЕЙ СТУПЕНИ ПОГРУЖНОГО НЕФТЯНОГО НАСОСА ДЕТОНАЦИОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ 224

Род В.А.
МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ И ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ПЛЕНОК ЖЕСТКО-ЭЛАСТИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА 229

Костенко Ю.А., Мохова А.С.
ПРИБОР ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ СКАНИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИН.....234

Микрюков А.А.
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БИТУМ: СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ.....238

Мартынюк В.С.
ИНТЕГРАЦИЯ RFID-МЕТОК В ИНТЕРАКТИВНУЮ УПАКОВКУ: ЗАЩИТА ОТ ПОДДЕЛОК И ОХРАНА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ 241

Литарева В.Е.
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ УПАКОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ С ЗАДАННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ 243

Королев Е.Ю.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЯНУЩИХ РОЛИКОВ УСТАНОВКИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ НАПЛАВКОЙ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ГОРЯЧЕЙ ПРОВОЛОКИ.....247

Кирюхин М.В.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШНЕКА ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТИПА ТШ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ 253

Дорофеев Е.А.
АНАЛИЗ ВИДОВ ПАЙКИ ФОРСУНОЧНОЙ ГОЛОВКИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ (ЖРД) 260

Долгов Д.И.
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАРОЖДЕНИЯ И РОСТА ЧАСТИЦ В AL-SC СПЛАВЕ НА ОСНОВЕ KWN-МОДЕЛИ: СРАВНЕНИЕ С ПОДХОДОМ PEREZ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕЯВНЫХ СХЕМ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА 266

Черепанова Е.Е., Стекленев Д.И.
ПРОЕКТ МАРКИРОВКИ С ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ 270

Авдеева Я.В.
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ДЕФЕКТНОСТИ СЛОЕВ КРАСКИ ПО ЦИФРОВЫМ ДВОЙНИКАМ ПОВЕРХНОСТИ 276

Анисимова И.А., Киселева Е.А., Халяпина Ю.Б.
МЕХАНОХРОМНАЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИЯ 282

Долгова Д.Р., Дорошенко К.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ $(AL_XCR_{1-X})(CO_YNI_{1-Y})$ НА ТВЕРДОСТЬ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА AL-CR-CO-NI 293

Шакаров Т.У., Ким С.О.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРЕХТОЧЕЧНОЙ ГИБКИ С УЧЕТОМ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ 297

Кэлугэряну С.К.
АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ШТАНГЕНЦИРКУЛЕМ И 3D-СКАНЕРОМ ПРИ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГЕ 299

Михеева И.И.
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ SLA 306

Дзагоева С.О., Петрова Ю.А.
ГИБКИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МОДУЛЬ СБОРКИ ДЫМОВОГО ЭЛЕМЕНТА 313

Кадочникова А.Н.
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА 318

Зибницкий М.Р.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ПЛАСТИКА ПЕНОПОЛИСТИРОЛА В ЯМОЧНОМ РЕМОНТЕ 323

Гурьянов Л.Д.
СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ ПЕРЕД ДОБАВКОЙ В ГРАНУЛЯТ ДЛЯ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НИЖНИХ СЛОЕВ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ 325

Раянова К.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ И МОРФОЛОГИИ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ГРАФЕНА ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СУСПЕНЗИЙ ОКСИДА ГРАФЕНА 328

Карташов В.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭРГОНОМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ ОПЕРАТОРСКИХ ПАНЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ 333

Секция. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ, БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ 337

Беляева Е.С.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИКАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЛАКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС ОТ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ 337

Сизикова Е.Д.
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ МИКРОБНЫХ БИОТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ 340

Дигитаева В.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ МИКРОБНЫХ БИОТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ 341

Фролов Н.А., Филиппова Ю.В., Шкляева Э.Н.
УСТРОЙСТВО ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ ГИДРОГЕЛЕВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ 343

Гурков П.А.
СОЗДАНИЕ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ TI_3C_2-MXENE И $NAYF_4$ 348

Коршунов А.А.
ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ФИБРЫ С АНТИОКСИДАНТАМИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ 357

Андреев Р.И., Белугин М.В.
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ В ЧИЛЛЕРНЫЕ УСТАНОВКИ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ 361

Трутнев А.К.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫХЛОПА СУХОГО КРИОРЕФРИЖЕРАТОРА ГИФФОРДА – МАК МАГОНА 364

Калачева В.Р.
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ САДОНСКОГО СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО КОМБИНАТА 366

Чикалова А.А., Игноватова А.О., Новиков В.А.
ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ЭЛЕМЕНТА СОСТАВА AL-WC МЕТОДОМ ВСЕСТОРОННЕГО ОБЖАТИЯ 370

Ежов Е.С., Чудаева А.Д.
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ПО ИЗУЧЕНИЮ РАБОТЫ ПЛОСКИХ ТЕПЛООБМЕННЫХ МОДУЛЕЙ 373

Скрыпников И.М.
МОДЕРНИЗАЦИЯ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВОДОРОДНЫХ КРИОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ 376

Смирнова А.В., Грызунов А.В., Верлока И.И.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ 379

Жуков В.М.
АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОТКАЗОВ ГЕРМЕТИЧНЫХ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ 381

Кочетков В.В.
ПОЛУЧЕНИЕ УДОБРЕНИЯ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ПУТЕМ КАПСУЛИРОВАНИЯ ГРАНУЛ РАСТВОРАМИ ПОЛИБУТИЛЕНСУКЦИНАТА 385

Глухова С.А., Емельянова А.П., Комиссарова М.С.
ЭЛЕКТРОТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ МНОГОСЛОЙНОЙ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТРУРЫ, НАНЕСЕННОЙ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ 390

Князев С.В.
РАСЧЕТ ОСЕВЫХ СИЛ И ТРЕНИЯ В МЕХАНИЗМЕ ТОРЦЕВОГО СОГЛАСОВАНИЯ СПИРАЛЬНОГО КОМПРЕССОРА 394

Тимуш А.Д.
АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КАТАЛИЗА, ПРИМЕНЯЕМОЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЛАСТИКА 398

Липатова Е.С., Марюшкина А.А.
ПОЛУЧЕНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ГНОЙНЫХ РАН 400

Литвинов Д.А.
РАЗРАБОТКА МАКЕТА РАЗРЫВНОГО ЗАРЯДА МОДУЛЬНОГО ТИПА 404

Белякова Е.С., Терехин О.А.
АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ И ИХ ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В БИОПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХ 408

Петрушин В.С.
ПОДХОД К РАСЧЕТУ ПЛОЩАДИ ОКНА ВСАСЫВАНИЯ СПИРАЛЬНОГО КОМПРЕССОРА 412

Журавлева В.Д., Соловьева А.С.
ВЫДЕЛЕНИЕ ДРОЖЖЕЙ ИЗ ХМЕЛЯ И ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ РОСТА НА РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ 420

Баскаков А.П., Оганесян Р.О.
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА-4 ДЛЯ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ 423

Иноземцева М.Р.
КУЛЬТИВИРОВАНИЕ БИФИДОБАКТЕРИЙ В ВОДНЫХ ЭКСТРАКТАХ ТОПИНАМБУРА И РЖАНЫХ ОТРУБЕЙ 427

Журавлёв Д.Е.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАКТОФЕРРИНА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ, ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ 433

Варушина С.Ю., Корноухова О.Д., Тимкачев Д.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИИ И ПРЕБИОТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КОМПОНЕНТОВ КОРНЯ ОДУВАНЧИКА (*TARAXACUM OFFICINALE*) 437

Алибекова С.
ПОЛУЧЕНИЕ ЧЕРНОГО ЧЕСНОКА ПУТЕМ ФЕРМЕНТАЦИИ И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО БИОАКТИВНЫХ СВОЙСТВ 443

Кузнецова Е.И., Баринова А.П.
ПОЛУЧЕНИЕ БИОКОМПОЗИТОВ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМ ДЕЙСТВИЕМ НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК, ГИДРОГЕЛЕЙ И АЭРОГЕЛЕЙ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ 445

Абдурахманова Л., Худайбергенов З.
ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО КОМПЛЕКСА АНТОЦИАНОВ, АНТИОКСИДАНТОВ И БЕЛКОВ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СРЕДЕ 448

Юнусов Р.Б.
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПЛАЗМОЛИЗА В ПОЛУЧЕНИИ ФРУКТОВЫХ СОКОВ 451

Казандаев В.В.
РАЗРЯДКА КРИОГЕННОГО АККУМУЛЯТОРА ЭНЕРГИИ 456

Павлихин И.С.
ЗАРЯДКА КРИОГЕННОГО АККУМУЛЯТОРА ЭНЕРГИИ 461

Корниенко П.И., Салманова Д.А.
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ КВАСА 467

Секция. СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ 470

Сафронов В.И., Шайдуллин З.Р.
КАЧЕСТВО ДОКУМЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ КАК ФАКТОР НИЗКОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СМК ПОСТАВЩИКОВ АВТОКОМПОНЕНТОВ 470

Шайдуллин З.Р., Сафронов В.И.
ПЕРЕХОД ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ К ИНФОРМАЦИОННОМУ СОПРОВОЖДЕНИЮ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОКОМПОНЕНТОВ 473

Савостиков Г.А.
ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ЛАБОРАТОРИИ МАКЕТИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ: ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРИИ «FAB LAB» МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХА 477

Сигаев Д.А., Семергей Я.А.
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ SIEMENS NX 484

Азимова А.В., Баранова Д.А., Донцова Т.Н., Сазонов А.М., Соколов А.И., Фролова Л.В., Сорокин Н.С.
ПРОБЛЕМЫ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ СБОРКИ В СОВРЕМЕННОМ АВИАСТРОЕНИИ 487

Наумов В.А.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ 490

Кузнецов Е.Н.
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГОЛОВКИ ПОРШНЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ 498

Клочков Я.М.
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СПЛАВА Al–Ca–Zn–Mg ПРИ СОЕДИНЕНИИ ЛИТЫХ И ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЗАГОТОВОК МЕТОДОМ СТП 505

Калашникова В.Е.
КОНТРОЛЬ РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ОТЛИВОК С ПОМОЩЬЮ ПЛАНШЕТНОГО СКАНЕРА 509

Исаченков А.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН СНИЖЕНИЯ СВОЙСТВ АРМАТУРЫ СТАЛИ КЛАССА ПРОЧНОСТИ А 1000 ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ АРМАТУРЫ 513

Ильина А.С.
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМООБРАБОТКИ ПРОВОЛОКИ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АВЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ 516

Галимова В.А.
УМНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. СКЛАДИРОВАНИЕ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ 520

Войтович Р.А.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ 525

Афанасьев Н.О.
БЫСТРАЯ ПЕРЕНАЛАДКА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ 529

Ивченков Е.Ю.
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ, НАПРАВЛЕННЫХ НА УВЕЛИЧЕНИЯ ГОДОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОРТОПРОКАТНОГО СТАНА 280 541

Беляев А.В.
РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ МАНИПУЛЯТОРОВ ПРИ СОРТИРОВКЕ ПОСЫЛОК 544

Секция. УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В ЭКОНОМИКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ 549

Баскакова Е.П., Прокофьева А.А.
ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРИНЯТИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЭКОНОМИКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ 549

Деряжная Д.В.
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЯМИ 552

Минаева И.Ю.
ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ И РЕГИОНОВ 556

Брагина Д.Н.
ИНТЕГРИРОВАННАЯ ОТЧЕТНОСТЬ И РАСКРЫТИЕ НЕФИНАНСОВОЙ ИНФОРМАЦИИ 558

Бочаров Д.И.
УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИМ КЛИМАТОМ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АГРАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 561

Базалеева О.Н.
ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ: ОЦЕНКА РИСКОВ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ В ИНЖЕНЕРНОЙ ПРАКТИКЕ 566

Кысыгбай К.М.
УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КАК СВОЙСТВО ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА 571

Баденов К.Д.
ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ В ЭКОНОМИКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ В МЕССЕНДЖЕРАХ 574

Юдаев К.А., Хмелевская А.А.
ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ, НАДЕЖНОГО ХРАНЕНИЯ И КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 578

Кутузов Е.Г.
ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИЙСКОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 582

Кауфман К.А.
ДИСКУРСИВНЫЕ ПРАКТИКИ СОВРЕМЕННЫХ МЕДИА В ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ ДИВЕРСИФИКАЦИИ КОММУНИКАЦИОННЫХ КАНАЛОВ ... 587

Зиатдинова И.И.
ИНСТРУМЕНТЫ НЕМАТЕРИАЛЬНОЙ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА В РАМКАХ КОРПОРАТИВНОЙ ESG-СТРАТЕГИИ 590

Холодилин В.А.
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ КОММЕРЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ 593

Мариечева Д.В.
РОЛЬ ЦИФРОВОЙ КОММУНИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ БРЕНДА В ФОРМИРОВАНИИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ВОСПРИЯТИЯ 596

Бондарь А.В.
КАРЬЕРНАЯ ТРАЕКТОРИЯ МОЛОДЕЖИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ 603

Черникова С.М., Баранов В.И., Панпушный Э.В.
УМНЫЙ ПОМОЩНИК MOODLE ASSISTANT КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМОЙ В ЭКОНОМИКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ 609

Исаева Н.А.
ПРИМЕНЕНИЕ ПРОИЗВОДНОЙ И ЭЛАСТИЧНОСТИ СПРОСА В АНАЛИЗЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК (НА ПРИМЕРЕ АВИАБИЛЕТОВ И РЖД) 616

Фомин В.В.
ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ ИНТЕГРАЦИИ ФЕРМЕРОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РАМКАХ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СОТРУДНИЧЕСТВА СТРАН БРИКС 621

Секция. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ОСНОВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЛИДЕРСТВА 627

Ильченко И.Д.
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДБОРА КАНДИДАТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВИЗУАЛЬНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СЕРВИСАХ 627

Хитров Я.И., Сорока В.В.
О МОДЕЛЯХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА SCAD РАСЧЕТА СОТОВЫХ КЕССОННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ 632

Ермолин Т.В.
ПРАВИЛО ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ РУНГЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ. ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА ВЫЧИСЛЕНИЙ 637

Беспалов Д.А.
ВЛИЯНИЕ ОСНОВАНИЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ 643

Романов В.С.
КОНЦЕПЦИЯ РИСКОРИЕНТИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ОПЕРАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ФИНАНСОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ 647

Архипов К.А.
ОБЗОР КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ АНТРОПОМОРФНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ КИСТИ: АНАЛИЗ РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОТОТИПОВ 650

Корнюшин А.А.
ХАКАТОНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ОБРАЗОВАНИИ – НОВАЯ МОДЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ 654

Никишаев М.Е.
ПРИМЕНЕНИЕ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ВЗВЕШЕННЫХ ГРАФОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ 658

Киселева С.А., Зимин А.Е.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОСТАВНЫХ КРИВЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СЕЧЕНИЙ В РЕДАКТОРЕ ОБВОДОВ СУДНА И ЕГО ИНТЕГРАЦИЯ С РАСЧЕТНЫМИ СИСТЕМАМИ 664

Добринский Д.И.
РАЗРАБОТКА МНОГОЦЕЛЕВОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА САМОЛЕТНОГО ТИПА «САМОЕД» ДЛЯ ЗАДАЧ МЧС РОССИИ 668

Агбетробю О.А.Л.
СКВОЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СРЕДЕ T-FLEX PLM (НА ПРИМЕРЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШЛИЦЕВОГО ВАЛА) 671

Кахрамонов М.С.
РАЗРАБОТКА СТАНКА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТРАВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР T-FLEX CAD 676

Полежаев Д.Н.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ 680

Пересторонин А.М.
ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНВЕЙЕР ГЕНЕРАТИВНОГО СИНТЕЗА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО OPENSCAD-СЦЕНАМ С ВОКСЕЛЬНОЙ SIMP-ОПТИМИЗАЦИЕЙ 684

Вольвач Н.А.
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДПИСИ СОТРУДНИКА 689

Буга А.И., Стаин И.А.
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА 8WM ТИП 1-2 695

Малышев М.С.
МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ И ПОДЛИННОСТИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ОБРАЗОВ В CI/CD PIPELINE НА БАЗЕ KUBERNETES 702

Введение

Всероссийская студенческая научная конференция Московского Политеха «СНК-2026» − ежегодная площадка, объединяющая молодых исследователей из ведущих университетов страны. В 2026 году конференция прошла в 76-й раз и собрала студентов из десятков высших учебных заведений Российской Федерации. Участники представили доклады по широкому кругу технических, естественно-научных, социально-экономических и гуманитарных направлений в рамках соответствующих секций. В состав жюри секций входили представители индустриальных партнеров конференции и ведущие ученые вузов страны, являющиеся специалистами по соответствующим научным направлениям.

Главной целью конференции является создание условий для включения студентов в активную научно-исследовательскую деятельность, развитие навыков системного анализа, критического мышления и научной коммуникации. Форум традиционно служит точкой пересечения академической науки и практики: представленные работы не только опираются на фундаментальные знания, но и направлены на решение конкретных прикладных задач в интересах экономики, промышленности и общества.

В настоящем сборнике представлены материалы десяти секций. Техническое направление представлено секциями, посвящёнными актуальным проблемам наземных транспортно-технологических средств, инновационным решениям в строительстве и энергетике, современным разработкам в машиностроении, исследованиям в области материалов и технологий производства, процессам химической и биотехнологической промышленности, а также физико-математическим и техническим наукам. Гуманитарное и социальное направления представлены секциями по медиакоммуникациям, изобразительному искусству и дизайну, управлению социально-экономическими системами, а также историко-культурным исследованиям.

Тематика работ свидетельствует о высоком уровне научного интереса участников к проблематике цифровизации и искусственного интеллекта, устойчивого развития, импортозамещения, экологической безопасности и новых материалов. Особо следует отметить значимость исследований, выполненных на стыке нескольких дисциплин, − именно такие работы нередко предлагают нестандартные решения актуальных инженерных и общественных вызовов.

Секция
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Абилхан А.С.
студент
abilkhan@sfedu.ru
Научный руководитель: ***Косенко О.В.***
к.т.н., доцент
Южный федеральный университет,
Россия, Таганрог

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВИДЕОПОТОКА АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ ADAS

Аннотация. В данной статье рассматривается применение алгоритмов супер-разрешения на основе нейросетевых технологий для улучшения качества видеопотока в системах помощи водителю ADAS. Представлены результаты экспериментального исследования модификаций модели Real-ESRGAN. Показано, что модель обеспечивает оптимальный баланс между качеством восстановления изображения и скоростью обработки видеоданных, что позволяет повысить точность обнаружения объектов в условиях низкого разрешения автомобильных камер с ограниченными возможностями оптического сенсора.

Ключевые слова: супер-разрешение, Real-ESRGAN, ADAS, видеопоток, обнаружение объектов, нейросетевой алгоритм.

Современные системы помощи водителю ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) становятся неотъемлемой частью автомобилей, однако их высокая стоимость ограничивает применение в бюджетном сегменте. Ключевым элементом таких систем является видеокамера, качество которой напрямую влияет на эффективность алгоритмов обнаружения объектов.

В бюджетном сегменте производители вынуждены использовать камеры с низким разрешением матрицы, которое зачастую не превышает выше 1280x720 пикселей. Это часто приводит к снижению точности обнаружения из-за недостаточной информативности кадров, наличия шумов при слабом освещении и артефактов сжатия.

Традиционные методы улучшения изображения (билинейная, бикубическая интерполяция) не позволяют восстановить высокочастотные детали текстуры [1]. В связи с этим актуальной задачей является применение методов супер-разрешения на основе глубокого машинного обучения для повышения информативности видеопотока в режиме реального времени.

Задача супер-разрешения заключается в восстановлении изображения высокого разрешения из одного или нескольких изображений низкого разрешения. До появления методов глубокого обучения применялись классические интерполяционные методы, которые лишь сглаживали пиксели, не повышая при этом информативности кадра.

С появлением свёрточных нейронных сетей CNN, качество подхода супер-разрешения перешло на другой уровень. Это привело к развитию архитектур на основе остаточных блоков SRResNet и генеративно-состязательных сетей [2].

ESRGAN (Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Network) – это базовая архитектура в области супер-разрешения, позволяющая восстанавливать детали и текстуры изображений. Однако модель недостаточно эффективна при обработке различных шумов, вызванных слабым освещением, артефактов сжатия и размытия кадра от динамического

движения автомобиля. Поэтому в 2021 году появилась модель Real-ESRGAN (Real-Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Network) – эволюционное развитие предыдущей архитектуры, специально адаптированное для работы с изображениями, содержащими комплексные искажения. Архитектура сети построена на базе RRDB-блоков (Residual-in-Residual Dense Block) с интеграцией структуры U-Net, что позволяет эффективно извлекать и восстанавливать локальные признаки изображения. Дискриминатор использует структуру U-Net с нормализацией, обеспечивающую стабильность обучения и детальную обратную связь на уровне пикселей (Рис. 1) [3].

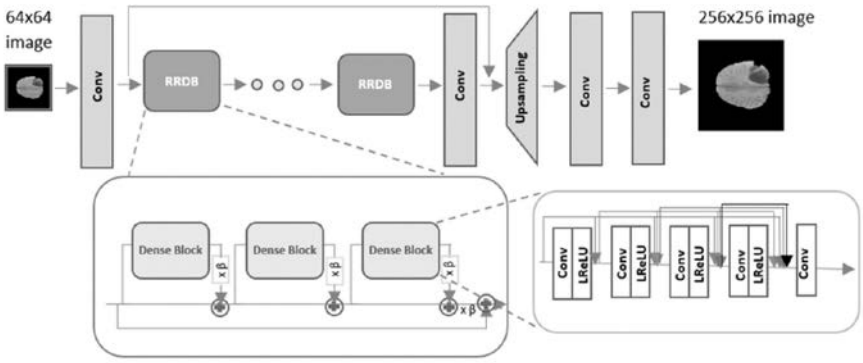


Рис. 1. Архитектура нейросетевого алгоритма Real-ESRGAN

Для задач улучшения видеопотока в режиме реального времени разработчики предлагают модель «Real-ESRGAN General», реализованную на архитектуре SRVGGNetCompact – оптимизированной версии сети, использующей CNN без остаточных блоков. Благодаря малому числу параметров, данная модель обеспечивает высокую скорость обработки изображения с сохранением приемлемого качества.

Обработка видеопотока в разрабатываемом методе выполняется по алгоритму, приведенному на Рис. 2.

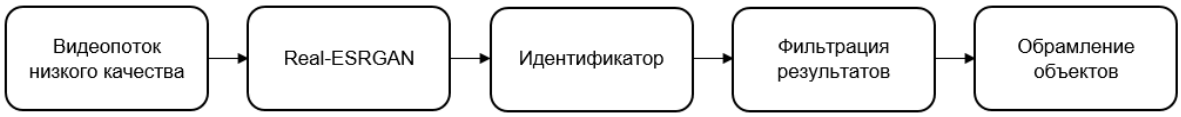


Рис. 2. Алгоритм обработки видеопотока с камеры ADAS

Видеоданные с камеры подаются в нейросетевую модель супер-разрешения Real-ESRGAN, которая повышает разрешение с коэффициентом 2x и восстанавливает текстуры. Улучшенное изображение поступает в модуль обученного идентификатора, с последующей классификацией и локализацией объектов [4].

Для исследования использовались видеоданные, записанные в условиях реальной эксплуатации бюджетных автомобильных камер:

- Видео 1: разрешение 640x360 пикселей, 30 кадров/с, ночная трасса за городом с неравномерной освещенностью и бликами от фар;
- Видео 2: разрешение 640x360 пикселей, 24 кадра/с, городская ночная дорога с интенсивным движением транспортных средств и низким уровнем освещения;

Для количественной и качественной оценки и эффективности использовались следующие метрики:

Скорость обработки (FPS) – среднее число кадров в секунду при обработке всего видео;

- Визуальное качество – субъективная оценка чёткости, наличия артефактов, естественности текстур;
- Точность идентификации – оценка по числу ложных срабатываний и потерянных объектов относительно визуального контроля.

Результаты по производительности и качеству восстановления сведены в таблицу.

Таблица

Результаты исследования модели супер-разрешения

Параметр	Значение	Примечания
Входное разрешение	640x360	Бюджетная камера
Выходное разрешение	2560x1440	Улучшение в 2x
Средний FPS	50	Зависит от сложности кадра
Задержка	20 мс	Приемлемо для ADAS

Анализ полученных результатов показывает, что выбранная конфигурация обеспечивает стабильную обработку видеопотока с частотой более 50 кадров/с, что соответствует требованиям систем в режиме реального времени.

На Рис. 3 и 4 представлены примеры кадров до и после обработки алгоритмом супер-разрешения.

Рис. 3. Кадр с автомобилем до и после обработки в предлагаемом методе

Рис. 4. Кадр с автомобилем до и после обработки в предлагаемом методе

Как видно из представленных результатов, применение алгоритма супер-разрешения позволяет восстановить текстуры дорожного покрытия и окружающих объектов, улучшить чёткость границ транспортных средств и снизить уровень шума в тёмных участках изображения.

Интеграция алгоритма супер-разрешения в конвейер обработки позволила повысить точность обнаружения объектов. В сложных условиях (ночь, низкое освещение) количество ложных срабатываний снизилось, а дальность обнаружения транспортных средств увеличилась за счет восстановления текстур на расстоянии. Идентификатор объектов демонстрирует более высокую уверенность при классификации объектов на улучшенных изображениях по сравнению с исходным видеопотоком.

Список литературы

1. Абилхан А.С., Косенко О.В. Повышение эффективности идентификации объектов в условиях низкого разрешения изображений с помощью комбинации сетей ESRGAN И YOLOV8 // Донецкие чтения – 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы X Международной научной конференции, посвященной 60-летию создания Донецкого научного центра, Донецк, 05–07 ноября 2025 года. – Донецк: Донецкий государственный университет, 2025. – С. 252-254. – EDN XRECEW.

2. Rohith G. R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, YOLO – Object Detection Algorithms // TOWARDSDATASCIENCE.COM: Understanding object detection algorithms. 2018. URL: https://towardsdatascience.com/r-cnn-fast-r-cnn-faster-r-cnn-yolo-object-detection-algorithms-36d53571365e/ (дата обращения: 20.03.2026).

3. Shawkh I. Single MR Image Super-Resolution using Generative Adversarial Network // RESEARCHGATE.NET: Image and Video Processing. 2022. URL: https://www.researchgate.net/publication/362089248_Single_MR_Image_Super-Resolution_using_Generative_Adversarial_Network (дата обращения: 20.03.2026).

4. Xintao. Real-ESRGAN aims at developing Practical Algorithms for General Image/Video Restoration // GITHUB.COM: Real-ESRGAN v0.3.0 Release Note. 2022. URL: https://github.com/xinntao/real-esrgan?tab=contributing-ov-file (дата обращения: 20.03.2026).

Аширов А.А.
студент
alinurashirov115@gmail.com
Научный руководитель: ***Никулина А.К.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ РИСКА АНОМАЛЬНЫХ ТРАНЗАКЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ И МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. Рассматривается задача оценки риска аномальных транзакций в условиях дисбаланса классов и ограниченной адаптивности правиловых подходов. Целью работы является разработка конвейера, объединяющего поведенческие признаки, правила и модель машинного обучения, и исследование границ применимости поведенческого подхода. На данных реального платёжного процессора установлен значимый прирост ROC-AUC +0,057 ($p < 0,001$); обнаружен пороговый эффект – признаки становятся эффективными при глубине истории не менее 50 транзакций, достигая прироста +0,137.

Ключевые слова: оценка риска транзакций; выявление аномалий; поведенческие признаки; машинное обучение; конструирование признаков; глубина пользовательской истории; доменная адаптация.

Введение

Банки, платёжные сервисы, маркетплейсы и системы внутреннего контроля сталкиваются с задачей выявления аномальных операций в потоке транзакций. Доля таких операций обычно невелика, что порождает дисбаланс классов и затрудняет применение стандартных методов классификации [5, 9]. Правиловые подходы обеспечивают интерпретируемость, но слабо адаптируются к новым паттернам; модели машинного обучения гибче, однако их качество существенно зависит от способа формирования признаков [7, 12].

В работе рассматривается гибридный подход, в котором интерпретируемые правила и поведенческий контекст пользователя используются совместно с моделью машинного обу-

чения. Основной акцент сделан на формировании признакового пространства, учитывающего персональную историю каждого пользователя, и на исследовании того, при каких характеристиках данных поведенческие признаки эффективны, а при каких – нет.

Постановка задачи

Для каждой транзакции, характеризуемой идентификатором пользователя, временем, суммой и набором атрибутов, требуется построить оценку риска r ∈ [0, 1], сопровождаемую списком сработавших правил. Решение должно опираться на индивидуальную историю пользователя и исключать утечку информации из будущего при формировании признаков. Необходимо обеспечить возможность настройки порогов без переобучения модели и сохранить применимость в различных транзакционных контекстах.

Центральный исследовательский вопрос работы – при каких условиях поведенческое конструирование признаков обеспечивает значимый прирост качества классификации и существуют ли границы применимости подхода, связанные со структурой пользовательской истории.

Описание метода

Конвейер обработки включает четыре компонента (рис. 1).

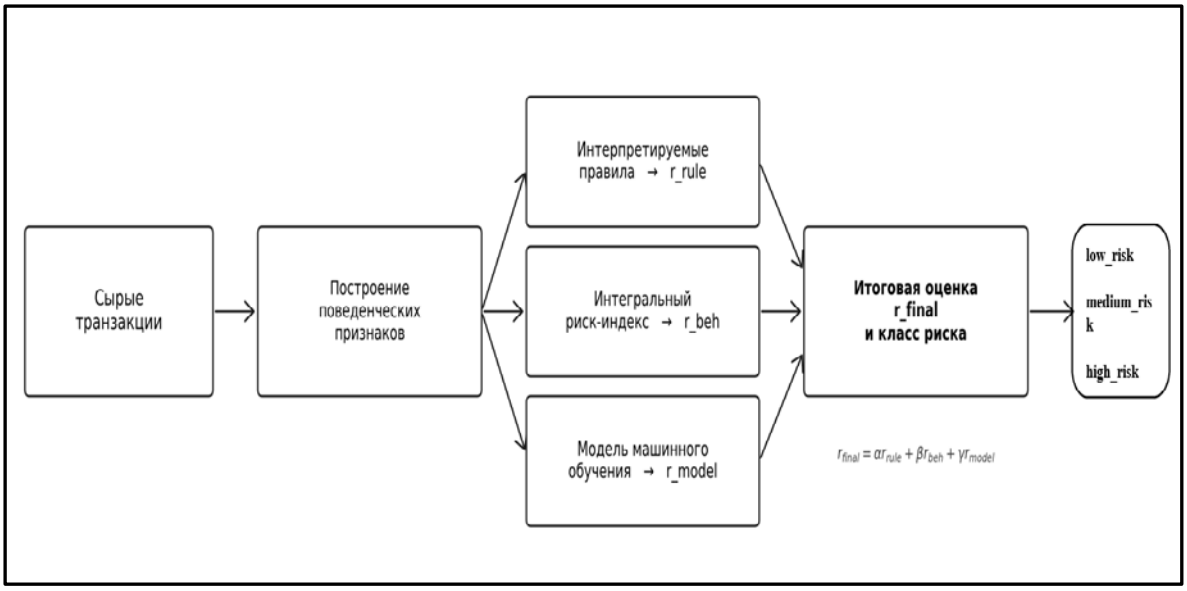


Рис. 1. Архитектура системы оценки риска транзакций

Поведенческие признаки. Каждая транзакция описывается через её отклонение от персонального baseline пользователя. Вычисляются: отношение текущей суммы к предыдущей и к среднему по истории (amount_ratio_prev, amount_ratio_avg), доля операции в обороте пользователя (share_of_total), число операций за последние 24 часа (transactions_last_24_h), индикатор серии из трёх возрастающих сумм (is_increasing_3) и ряд вспомогательных абсолютных и разностных показателей. Все агрегаты строятся строго по предшествующим данным, что исключает утечку из будущего [9].

Интерпретируемые правила. Поверх признаков работает набор правил с настраиваемыми порогами, каждое из которых опирается на один поведенческий признак. Сработавшее правило вносит вклад в дискретную оценку $r_{rule} \in [0, 1]$; список сработавших правил сохраняется для прозрачности решения [5].

Интегральный поведенческий риск-индекс. Формируется непрерывная оценка $r_{beh} \in [0, 1]$, агрегирующая четыре сигнала: отклонение от предыдущей транзакции, отклонение от среднего, частоту операций и долю в обороте:

$$r_{beh} = w_s \cdot s_{spike} + w_d \cdot s_{dev} + w_f \cdot s_{freq} + w_h \cdot s_{share}, \quad (1)$$

где s_{spike}, s_{dev}, s_{freq}, s_{share} – компоненты, нормализованные кусочно-линейной функцией с настраиваемыми порогами, а w_s, w_d, w_f, w_h – весовые коэффициенты. В отличие от r_{rule}, индекс реагирует на любое отклонение от нормы, а не только на превышение жёсткого порога.

Итоговая оценка. Модель обучается на расширенном наборе признаков. Итоговый балл:

$$r_{final} = \alpha \cdot r_{rule} + \beta \cdot r_{beh} + \gamma \cdot r_{model}, \quad (2)$$

где r_{model} – выход классификатора. По r_{final} транзакция относится к классу low_risk, medium_risk или high_risk. Веса и пороги конфигурируются без переобучения. Интегральный индекс r_{beh} входит в итоговую оценку независимо от модели и обеспечивает непрерывное ранжирование транзакций; его роль – архитектурная, а не признаковая (см. ablation-эксперимент ниже).

Экспериментальная часть

Основной датасет. Эксперимент проведён на датасете IEEE-CIS Fraud Detection [14] – данные реального платёжного процессора (Vesta Corporation): 577 192 транзакции, 6 512 уникальных платёжных карт, доля мошеннических операций – 3,50 %. Медианное число транзакций на карту – 14, среднее – 89. Идентификатор платёжной карты используется как идентификатор пользователя. Из полного набора признаков датасета использовались только суммы и временные характеристики – без identity-фич (V1–V339, device info, email domain), что позволяет изолировать вклад именно поведенческих признаков.

Внешняя проверка. Для исследования граничных условий использован открытый датасет PaySim [15]: 325 933 транзакции, доля мошеннических операций – 2,52 %. Ключевая особенность – большинство пользователей совершают одну-две транзакции.

Модели и метрики. Сравнение по факторному плану: два алгоритма – логистическая регрессия со стандартизацией и случайный лес [6] – и три набора признаков – базовый (четыре характеристики операции), расширенный (десять поведенческих признаков и интегральный индекс) и расширенный без индекса (для ablation). Все варианты оценивались 5-fold стратифицированной кросс-валидацией; значимость различий проверялась парным t-тестом на fold-уровне. Для задач онлайн-скоринга рекомендуется дополнительная валидация на разбиении по времени (time-based split), что выходит за рамки данной работы; выбор стратифицированного разбиения обусловлен корректностью парного t-теста при сравнении моделей.

Результаты и обсуждение

Общий эффект поведенческих признаков. Результаты кросс-валидации на IEEE-CIS приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты 5-fold CV на датасете IEEE-CIS

Модель, набор признаков	ROC-AUC	F_1
Случайный лес, расширенные	0,749 ± 0,004	0,152 ± 0,002
Случайный лес, расш. без индекса	0,750 ± 0,004	0,152 ± 0,003
Случайный лес, базовые	0,693 ± 0,006	0,116 ± 0,001
Лог. регрессия, расширенные	0,588 ± 0,004	0,077 ± 0,001
Лог. регрессия, расш. без индекса	0,586 ± 0,004	0,076 ± 0,001
Лог. регрессия, базовые	0,509 ± 0,002	0,067 ± 0,001

Переход от базового набора к расширенному обеспечивает статистически значимый прирост ROC-AUC: +0,057 для случайного леса ($p < 0{,}001$, $t = 55{,}1$, paired t-test) и +0,079 для логистической регрессии ($p < 0{,}001$, $t = 42{,}1$). Прирост воспроизводится во всех пяти фолдах. Абсолютные значения ROC-AUC ожидаемо ниже, чем в решениях с полным набором

identity-фич датасета IEEE-CIS, поскольку целью эксперимента была оценка вклада поведенческих признаков, а не максимизация общего качества.

Низкие значения precision (~0,09) и F_1 (~0,15) обусловлены дисбалансом классов (3,5 % аномалий) и отражают сценарий применения системы: итоговый балл r_{final} предназначен для ранжирования транзакций в очередь ручной проверки precision, а не для автоматической блокировки. В этом сценарии значимым показателем является качество ранжирования, а не бинарное решение при пороге 0,5.

Ablation. Исключение интегрального индекса из расширенного набора не улучшило результат случайного леса (дельта −0,002, p = 0,0002 – индекс незначительно снижает качество) и незначительно ухудшило результат логистической регрессии (дельта +0,002, p = 0,035). Предположительное объяснение этого эффекта состоит в том, что случайный лес использует ось-параллельные разбиения по отдельным признакам; при одновременном наличии в обучающей выборке и исходных компонент (share_of_total, amount_ratio_avg, transactions_last_24_h), и их нелинейного агрегата возникает корреляция признаков, способная слегка ухудшать качество разбиений.

Логистическая регрессия, напротив, получает от агрегата дополнительный нелинейный сигнал, что объясняет положительный вклад индекса (+0,002, p = 0,035). Это указывает на то, что основной вклад в прирост качества вносят отдельные поведенческие признаки. Интегральный индекс выполняет архитектурную роль в формуле итоговой оценки r_{final}, обеспечивая непрерывное ранжирование для очереди ручной проверки, но как дополнительный признак для классификатора он избыточен.

Влияние глубины пользовательской истории. Для исследования зависимости эффекта от количества транзакций пользователи IEEE-CIS были разделены на пять групп (табл. 2). Для каждой группы модель обучалась на остальных пользователях и тестировалась на данной группе.

Таблица 2

Прирост ROC-AUC случайного леса от поведенческих признаков в зависимости от глубины пользовательской истории

Транзакций на пользователя	Baseline	Extended	Дельта
5–9 (медиана 6)	0,665	0,689	+0,024
10–24 (медиана 14)	0,692	0,662	−0,031
25–49 (медиана 33)	0,653	0,668	+0,015
50–99 (медиана 67)	0,605	0,725	+0,120
100+ (медиана 243)	0,531	0,667	+0,137

Результаты обнаруживают пороговый эффект (рис. 2). При глубине истории менее 50 транзакций прирост от поведенческих признаков нестабилен: от −0,031 до +0,024. При глубине от 50 транзакций прирост возрастает до +0,120 и +0,137. Поведенческие агрегаты (среднее по истории, отношение к предыдущей транзакции) становятся устойчивыми только при достаточном объёме наблюдений; при коротких историях они зашумлены и могут ухудшать качество модели.

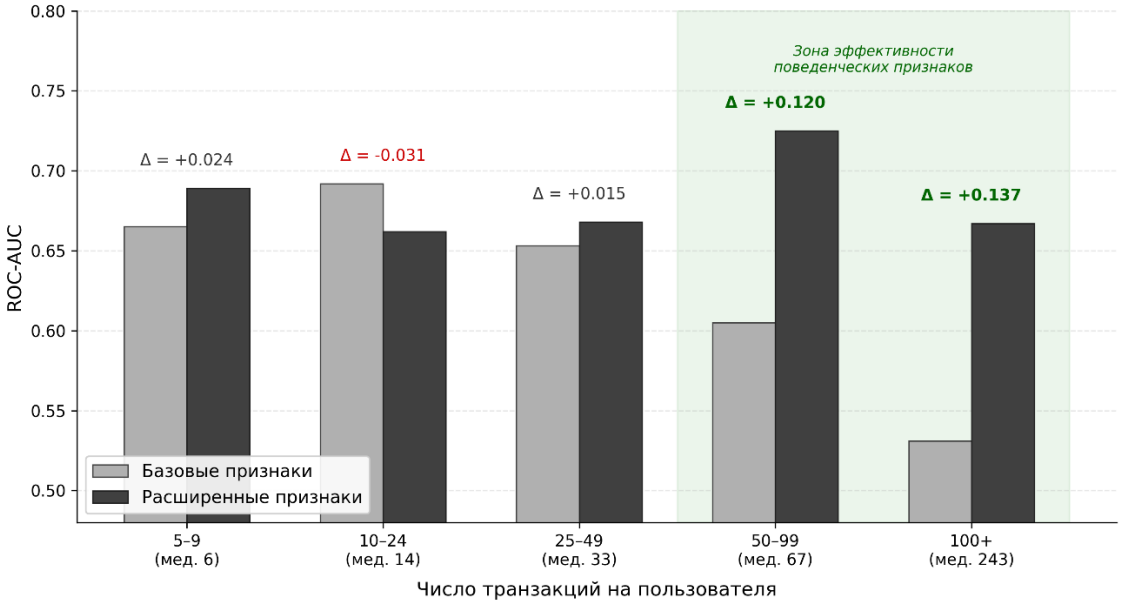


Рис. 2. Зависимость ROC-AUC от глубины пользовательской истории (датасет IEEE-CIS, случайный лес)

Отдельного внимания заслуживает динамика baseline: ROC-AUC базового набора падает с ростом глубины истории (с 0,665 до 0,531). У пользователей с длинной историей паттерн трат разнообразен, и сырая сумма операции становится менее информативной. Именно в этих условиях поведенческие признаки обеспечивают максимальный вклад, давая модели контекст: не абсолютную сумму, а её отклонение от индивидуальной нормы [10].

Внешняя проверка на PaySim. На датасете PaySim (1–2 транзакции на пользователя) расширенные признаки не дали прироста: ROC-AUC случайного леса составил 0,808 ± 0,003 на базовых признаках и 0,802 ± 0,004 на расширенных. Этот результат согласуется с пороговым эффектом, обнаруженным на IEEE-CIS: при отсутствии пользовательской истории поведенческие признаки неинформативны.

Заключение

Предложен подход к оценке риска аномальных транзакций, объединяющий поведенческие признаки, интерпретируемые правила, интегральный риск-индекс и модель машинного обучения.

Научная новизна работы заключается в количественной характеристике зависимости эффективности поведенческих признаков от глубины пользовательской истории и в установлении пороговой природы этой зависимости на данных реального платёжного процессора.

Основные результаты:

1) на данных реального платёжного процессора поведенческий feature engineering обеспечивает статистически значимый прирост ROC-AUC: +0,057 для случайного леса и +0,079 для логистической регрессии ($p < 0{,}001$);

2) обнаружен пороговый эффект: поведенческие признаки становятся эффективными при глубине истории от 50 транзакций на пользователя, а максимальный прирост (+0,137) наблюдается при глубине 100+ транзакций;

3) ablation-эксперимент показал, что основной вклад вносят отдельные поведенческие признаки, а интегральный индекс выполняет архитектурную роль в итоговом скоринге, обеспечивая интерпретируемое ранжирование;

4) внешняя проверка на датасете PaySim, в котором большинство пользователей совершают одну-две транзакции, подтвердила установленную зависимость: при отсутствии глубокой истории поведенческие признаки не дают прироста качества. Согласованность результатов на двух независимых датасетах усиливает обоснованность вывода о пороговом характере эффекта.

Дальнейшая работа связана с автоматическим определением минимальной глубины истории для конкретного домена, расширением признакового пространства категориальными характеристиками и проверкой устойчивости к концепт-дрифту [9].

Список литературы

1. Канеев А. Д., Соколов Б. В. Методы и модели обнаружения мошеннических операций с банковскими картами // Труды СПИИРАН. 2016. № 6 (49). С. 5–40.
2. Никульчев Е. В., Колясников П. В., Ильин Д. Ю. Методы машинного обучения для выявления аномалий в данных // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2019. Т. 15, № 1. С. 177–184.
3. Чистяков С. П. Случайные леса: обзор // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2013. № 1. С. 117–136.
4. Ahmed M., Mahmood A. N., Islam M. R. A survey of anomaly detection techniques in financial domain // Future Generation Computer Systems. 2016. Vol. 55. P. 278–288.
5. Bolton R. J., Hand D. J. Statistical fraud detection: A review // Statistical Science. 2002. Vol. 17, № 3. P. 235–255.
6. Breiman L. Random forests // Machine Learning. 2001. Vol. 45, № 1. P. 5–32.
7. Combining unsupervised and supervised learning in credit card fraud detection // Information Sciences. 2021. Vol. 557. P. 317–331/ Carcillo F., [и др.].
8. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey // ACM Computing Surveys. 2009. Vol. 41, № 3. Article 15. P. 1–58.
9. Credit card fraud detection: A realistic modeling and a novel learning strategy // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. 2018. Vol. 29, № 8. P. 3784–3797/ Dal Pozzolo A., [и др.].
10. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. 2nd ed. New York: Springer, 2009. 745 p.
11. Lucas Y., Jurgovsky J. Credit card fraud detection using machine learning: A survey // arXiv preprint arXiv:2010.06479. 2020.
12. Phua C., Lee V., Smith K., comprehensive survey of data mining-based fraud detection research // arXiv preprint arXiv:1009.6119. 2010.
13. West J., Bhattacharya M. Intelligent financial fraud detection: A comprehensive review // Computers & Security. 2016. Vol. 57. P. 47–66.
14. IEEE-CIS Fraud Detection / Vesta Corporation // Kaggle. 2019. URL: https://www.kaggle.com/c/ieee-fraud-detection (дата обращения: [10.03.2026]).
15. Lopez-Rojas E. A., Elmir A., Axelsson S. PaySim: A financial mobile money simulator for fraud detection // Proceedings of the 28th European Modeling and Simulation Symposium. 2016. P. 249–255.

Бровин И.Д.
студент
Научный руководитель: ***Скворцов А.А.***
д.ф.-м.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
lama.king.2000@mail.ru

О ВЛИЯНИИ ОТЖИГА И ВЛАГООТДАЧИ НА СВОЙСТВА ДИАТОМИТОВОЙ КЕРАМИКИ

Аннотация. В данной работе исследованы закономерности дегидратации пористой диатомитовой керамики из сырья Инзенского месторождения. Диапазон пористости испытуемых образцов составлял 30–60 %, масса находилась в пределах 76–79 г. Подготовка ма-

териала включала предварительный высокотемпературный отжиг при 900 К. В дальнейшем образцы увлажнялись, после чего фиксировалась убыль массы в процессе изотермических выдержек в интервале 300–450 К с применением сушильного оборудования и муфельной печи. На основе экспериментальных кинетических кривых вычислена энергия активации процесса удаления влаги: E_a = 22,8 кДж/моль.

Ключевые слова: пористость, диатомит, отжиг, влагоотдача.

Введение

Диатомит, также известный как кремнозём, представляет собой породу осадочного происхождения, образовавшуюся из кремнистых остатков диатомовых водорослей. Эта порода обладает высокой пористостью, что делает её ценным вспомогательным материалом в таких областях, как строительство и сельское хозяйство. Применение диатомита может существенно улучшать качество конечного продукта, благодаря его уникальным физико-химическим свойствам, включая способность адсорбции, теплоизоляции и низкой плотности, которая составляет около 250–800 кг/м^3.

Диатомит природный биогенный осадочный материал, состоящий преимущественно из остатков кремнеземных скелетов диатомовых водорослей. Его химическая основа кремнезем (SiO_2), обладающий уникальной микроструктурой за счёт сети мельчайших пор и каналов внутри кремнеземных фрагментов. Такая структура обусловлена жизнедеятельностью и формой диатом, что и задаёт основу для формирования пористой керамики с особыми физико-химическими характеристиками.

Ключевым компонентом диатомита является кремнезем, содержание которого варьируется от 70 % до 98 % в зависимости от вида и условий формирования материала. Степень чистоты и структура диатомита определяются различными факторами, включая географическое расположение и возраст отложений, в результате чего существует множество типов этой породы, каждая из которых обладает индивидуальными характеристиками [1].

Практическая ценность этих характеристики раскрывается в двух ключевых направлениях. Во-первых, в растениеводстве она обеспечивает повышение водоудерживающей функции почв и эффективность доставки питательных веществ и пестицидов при использовании диатомита как удобрения. Во-вторых, в технологии строительных материалов добавка диатомита позволяет управлять содержанием влаги в смесях и улучшать физико-механические свойства керамических строительных материалов [2].

В исследования находится экспериментальная оценка интенсивности влагоотдачи диатомита в зависимости от пористости образца и температуры, также для лучшего понимания свойств изучается также теплоотдача.

Ход эксперимента

В ходе эксперимента использовался диатомит Инзенского месторождения, в используемых образцах пористость измерялась от 30-60 % и масса образцов 76-79 гм, также перед экспериментом образцы готовили, в начале обрабатывались при температуре 900 К.

Для относительно низких температур сушки использовался сушильный шкаф (300-350К), а для температур 350-450 К использовалась муфельная печь. Для взвешивания образца в ходе экспериментов использовались весы Veker S011C.

Также для исследования теплопроводности образца использовался анализатор теплопроводности ИТП-МГ4 100, анализатор использовался для нахождения коэффициентов теплопроводности в зависимости от температурного режима, количества часов отжига также при определенной влажности, для отжига использовалась муфельная печь.

Результаты эксперимента

Результаты исследований приведены на рис. 1. Нетрудно видеть, что по изменению массы образцов диатомитовой керамики (при термической обработке в интервале 300–430 К) продолжительность удаления влаги из материала при 430 К составляет 1,5 часа, тогда как при 300 К время увеличивается до 12 часов.

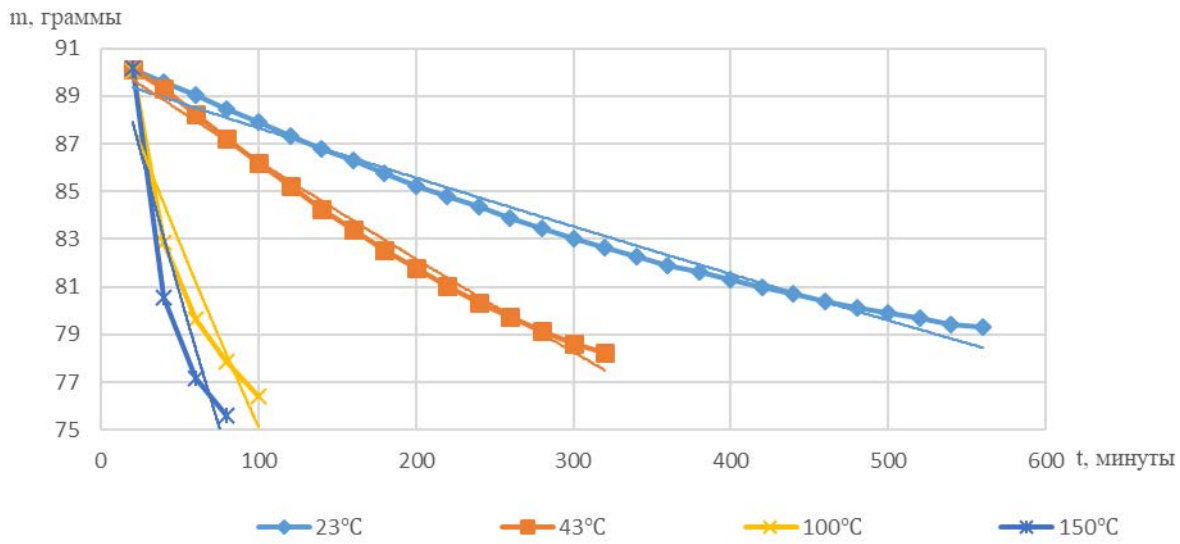


Рис. 1. График зависимости массы диатомитового образца от времени выдержки на воздухе после сушки

Используя экспериментальные данные, можно определить скорость изменения массы от времени сушки при разных температурах. Найдем энергию активации процесса влагоотдачи из закона Аррениуса [3],

$$m(t) = A \cdot e^{Bt} = m_к + \Delta m_0 \cdot e^{-kt} \quad (1)$$

$$y = A \cdot e^{Bx} \quad (2)$$

где $m_к$ – это масса образца при полном высыхании, Δm_0 – это максимальная масса влаги в образце. Формула (2) – это общий вид формулы (1).

Действительно, полученные экспериментальные данные демонстрируют экспоненциальную зависимость. Аппроксимация данных эксперимента методом наименьших квадратов функцией выполнена с коэффициентом детерминации $R^2>0,95$. Результаты температурной зависимости коэффициента k приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов аппроксимации при различных температурах сушки

Коэффициенты аппроксимации	Температура сушки			
	300 К	320 К	380 К	430 К
Коэффициент *A*, грамм	89,803	90,57	92,792	93,088
Экспоненциальный множитель *B*, $с^{-1}$	$-2\cdot10^{-4}$	$-5\cdot10^{-4}$	$-20\cdot10^{-4}$	$-30\cdot10^{-4}$
Коэффициент детерминации R^2	0,9843	0,9911	0,9608	0,879
Экспоненциальный множитель *k*, $с^{-1}$	$0,22\cdot10^{-4}$	$0,47\cdot10^{-4}$	$1,83\cdot10^{-4}$	$3,55\cdot10^{-4}$

Используя полученные экспериментальные данные, построим график зависимости ln(*k*) от 1/*T* (рис. 2).

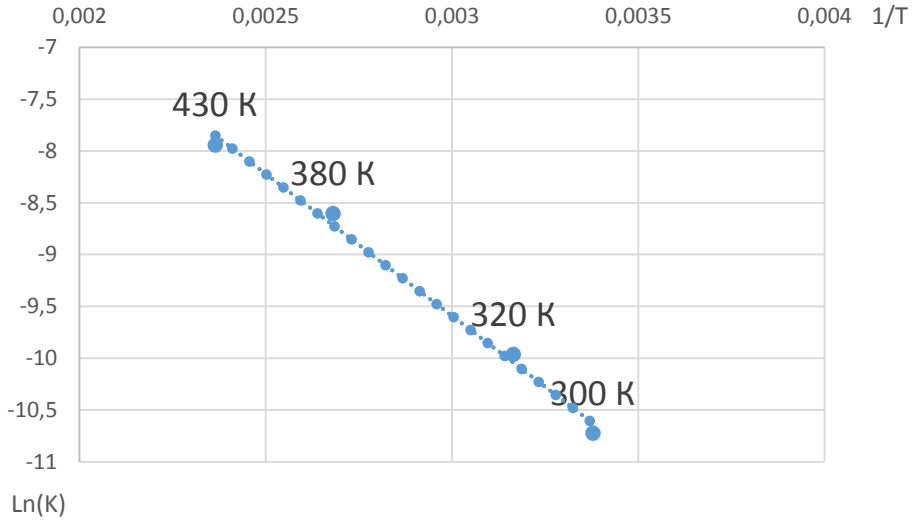


Рис. 2. График температурной зависимости ln(k)

Вычислив тангенс угла наклона прямой, находим энергию активации E_a = 22,8 кДж/моль. Согласно данным видно, что энергия активации диатомитовой керамики связана с адсорбцией и диффузионными процессами внутри, так как E_a < 40 кДж/моль [3].

Также были получены данные о теплопроводности материала, показанные в таблице 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов теплопроводности при различных температурах сушки

	смоченный	1 час	2 час	3 час	4 час
800 К	λ=0.108 R=0.171	λ=0.065 R=0.269	λ=0.065 R=0.269	λ=0.065 R=0.269	λ=0.066 R=0.265
900 К	λ=0.109 R=0.169	λ=0.071 R=0.260	λ=0.071 R=0.260	λ=0.071 R=0.260	λ=0.070 R=0.264
1000 К	λ=0.108 R=0.170	λ=0.070 R=0.260	λ=0.068 R=0.260	λ=0.068 R=0.258	λ=0.063 R=0.277

Приечание: λ – коэффициент теплопроводности и R – термическое сопротивление. Эти значения измерялись для последующего понимания и применения теплоизоляционных свойств диатомита, с последующим применением в строительстве.

Также в таблице 2 можно увидеть, что теплопроводность низкая при определенных температурных режимах обжига образцов.

Заключение

В результате проведенного исследования были рассмотрены процессы поглощения влаги в высокопористой диатомитовой керамике. Экспериментально определена энергия активации процесса адсорбции в диатомите, которая составила 22 кДж/моль. Полученное значение, находящееся в диапазоне 20-40 кДж/моль, указывает на лимитирующую стадию процесса, связанную с диффузией молекул в порах диатомита.

В работе установлено также, что взаимосвязь энергии активации влагоотдачи (E_a = 22,8 кДж/моль) и теплопроводности образцов диатомита определяется эволюцией поровой структуры в процессе сушки. На начальном этапе влага, заполняющая поры, образует тепловые мостики между частицами диатомита, повышая эффективную теплопроводность системы. По мере преодоления энергетического барьера E_a и испарения жидкости из материала теплопроводность снижается, поскольку вода замещается воздухом с меньшим коэффициентом теплопроводности.

Обнаружено также, что предварительный отжиг при 900 К приводит к частичному спеканию минерального каркаса: теплопроводность возрастает, однако доля прочносвязанной воды в микропорах уменьшается, что отражается на величине энергии активации.

Список литературы

1. Дацко Т.Я., Зеленцов В.И., Дворникова Е.Е. Физико-химические и адсорбционно-структурные свойства диатомита, модифицированного соединениями алюминия // Химические науки. 2011. № 6. С. 59-68.
2. Шахов С.А., Рудая Т.Л., Николаев Н.Ю. Влияние осадка водоподготовки на спекаемость и структурно-механические свойства строительной керамики // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2015. № 1. С.41-48.
3. Ali Rıza Kul, Adnan Aldemir, Hülya Koyuncu. An investigation of natural and modified diatomite performance for adsorption of Basic Blue 41: isotherm, kinetic, and thermodynamic studies // Desalination and Water Treatment. 2021. Vol. 229. P. 384-394.

Гнатюк А.В.
студент,
artyom.gnatyuk.12@mail.ru
Научный руководитель: ***Солнцева Д.С.***
преподаватель,
Севастопольский государственный университет,
Россия, Севастополь

ЭРГОНОМИКА И ДИЗАЙН ЦИФРОВЫХ ШКАЛ В СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЯХ

Аннотация. Описаны преимущества применения электронной приборной панели в автомобиле по сравнению с аналоговой физической. Рассмотрены результаты исследований эргономичности различных стилей оформления шкал приборов. Показаны результаты практического применения полученных данных на примере подготовленных для родстера «Крым» сменяемых вариантов оформления графической оболочки приборной панели, рассмотрены особенности и функционал каждого из них.

Ключевые слова: «Родстер «Крым»»; электронная приборная панель; эргономика; скорость считывания.

Современная автомобильная промышленность активно переходит от аналоговых комбинаций приборов к цифровым дисплеям. Основным требованием к приборным панелям остаётся высокая наглядность и удобство считывания информации, которые напрямую влияют на безопасность и комфорт управления транспортным средством. Данные характеристики закладываются на этапе проектирования посредством выбора оптимальной формы представления данных и детальной проработки графического интерфейса.

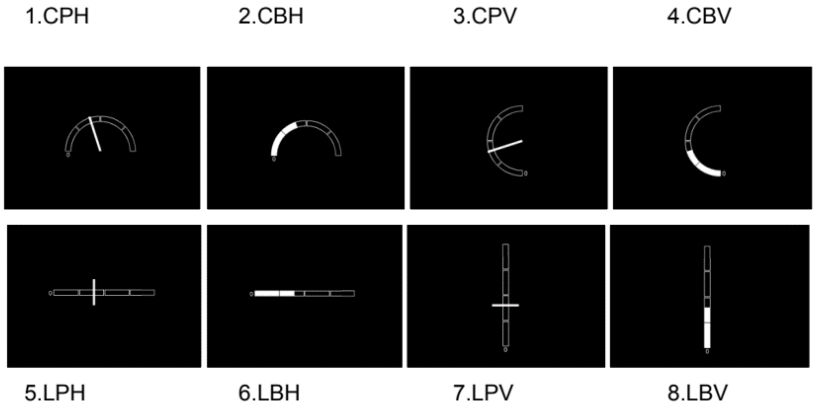
Цель исследования – изучить мировой опыт в области эргономики комбинации приборной панели, применить полученные данные в разработке графического интерфейса электронной приборной панели для молодёжного автомобиля «Родстер «Крым»».

Мировая практика исследования эффективности шкал панелей приборов

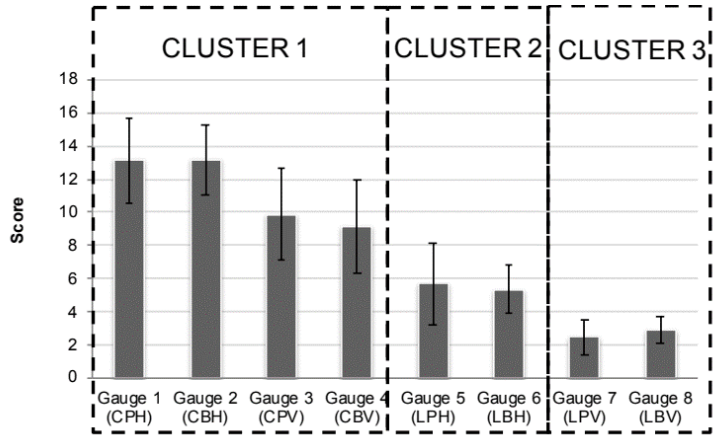
В мировой практике количество работ, посвящённых эргономическому анализу шкал приборных панелей ограничено. Одно из таких исследований было проведено в 2019 году во Франции Университетским Институтом Франции (Париж) и лабораторией изучения когнитивных механизмов Лионского Университета (Брон) под названием «Дизайн шкал для электронной комбинации панели приборов грузового автомобиля: эффективность, визуальное восприятие и оценка удовлетворённости вождением» [1].

В ходе исследования была изучена скорость считывания информации у 18 профессиональных водителей грузовиков при использовании различных указателей, разделив их по разным параметрам: форме (круглая или линейная), ориентации (горизонтальная или вертикальная) и виду индикатора (указатель или линейчатая диаграмма).

Проведя ряд экспериментов по изучению скорости восприятия данных водителем, были сделаны выводы о том, что горизонтальные и круглые стрелочные варианты исполнения приборов являются наиболее предпочтительными с точки зрения эргономики (рис. 1).



Gauge representations from Gauge 1 to Gauge 8. Each gauge is defined by its shape (C: Circular or L: Linear), its indicator (P: Pointer or B: Bargraph) and its orientation (H: Horizontal or V: Vertical).



Mean satisfaction score per gauge (regardless the task performed), rectangles represented gauges clusters from the hierarchical cluster analysis.

Рис. 1. Результаты исследования различных форм вывода информации на приборной панели автомобиля

Разработка электронной комбинации панели приборов для автомобиля «Родстер «Крым»»

«Родстер «Крым»» – совместная разработка МГТУ им. Н.Э. Баумана и Севастопольского государственного университета. Особенностью проекта является унификация с распространёнными отечественными автомобилями. Приборная панель, используемая на родстере, взаимозаменяема с моделями Лада Гранта и Лада Калина 2 (рис. 2).

Рис. 2. Приборная панель автомобиля Лада Гранта и Лада Калина 2

Базовая физическая панель, применяемая в родстере «Крым», обладает ограниченным функционалом и жёсткой структурой. Переход на электронный дисплей открывает ряд системных преимуществ:

Конфигурируемость и адаптивность. Водитель может выбирать и переключать стиль отображения данных в зависимости от дорожных условий, времени суток или режима движения, что снижает когнитивную нагрузку.

Компактность компоновки. Единый экран заменяет набор механических шкал и сигнальных ламп, позволяя оптимизировать рабочее пространство.

Расширенная интеграция с бортовыми системами. Цифровая панель способна отображать данные навигации, камер кругового обзора, систем помощи водителю (ADAS), телеметрии двигателя и мультимедиа в едином визуальном поле.

Удобство модернизации и обновлений. Графическая оболочка и логика отображения данных могут обновляться «по воздуху» (OTA) или через сервисные центры без замены аппаратной части, что продлевает жизненный цикл автомобиля.

С целью реализовать описанные преимущества в «родстере «Крым»», было принято решение о разработке электронной панели приборов для замены физических шкал. Электронная комбинация приборов позволяет водителю выбирать стиль оформления исходя из текущей дорожной ситуации, поэтому после проведения анализа существующих решений в мировом автопроме и изучения результатов исследования эргономичности различных видов шкал приборов, были разработаны несколько вариантов графической оболочки.

1. «Классический» вариант оформления приборов

Данный стиль оформления воспроизводит внешний вид круглых аналоговых шкал (рис. 3).

Рис. 3. «Классический» вариант отображения приборов

Высокое качество считывания информации при таком отображении информации доказано описанным ранее исследованием [1], поэтому данный режим рассматривается как стандартный вариант для повседневной езды.

Рассмотрим эргономические особенности данного дизайна/

1. На разметке тахометра нанесено не только обозначение предельных оборотов коленчатого вала двигателя, но и цветовая отметка зелёного цвета зоны максимального крутящего момента двигателя ВАЗ-11186 (2500–4000 об./мин.) [2], установленного в родстер (рис. 4). Данное решение позволяет водителю интуитивно понять оптимальную зону работы двигателя автомобиля без изучения его технических характеристик.

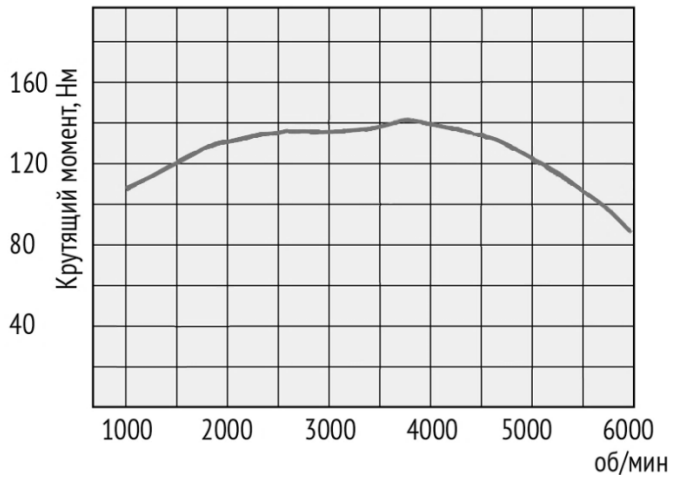


Рис. 4. Характеристика крутящего момента двигателя ВАЗ 11186 [2]

2. Иконки аварийной индикации, относящиеся к работе узлам двигателя размещены в области тахометра для повышения их заметности.

3. Сигнализация активированного стояночного тормоза тематически относится к скорости движения автомобиля (вдобавок не является неисправностью), поэтому данный знак был отнесён в зону спидометра.

4. Индикация включённого светового оборудования и одометр отнесены к верхнему и нижнему краям соответственно, как второстепенная информация, отслеживать которую постоянно нет необходимости.

5. Между шкалами расположено цифровое значение скорости движения для удобного получения данных о текущей скорости движения.

6. При езде в городском режиме скоростей (от 60 до 80 км/ч) стрелка спидометра располагается горизонтально, что повышает удобство контроля скорости периферийным зрением, снижая необходимость переводить целиком взгляд с дороги на панель приборов.

2. «Гоночный» вариант оформления приборов

Исследование эргономики различных вариантов вывода информации показывает, что наибольшее удобство помимо круглых предоставляют также горизонтальные индикаторы [1]. Поэтому была предоставлена возможность использования и такого стиля оформления.

Данный вариант графической оболочки предназначен для динамичной езды, когда наиболее важную роль играют данные о частоте вращения коленчатого вала двигателя (рис. 5).

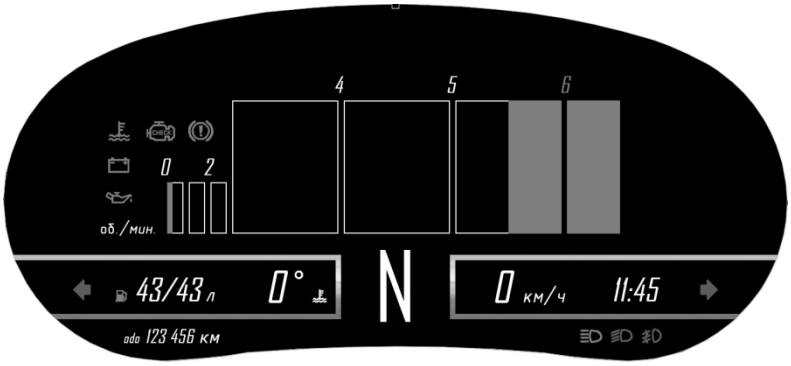


Рис. 5. «Гоночный» вариант отображения приборов

Зона максимальной производительности двигателя визуально выделена и увеличена. Ниже по центру крупным обозначением отображается номер включённой передачи в трансмиссии. Для упорядоченности остальные данные очерчены рамкой. Значение температуры охлаждающей жидкости выводится в более точном, по сравнению со стрелочным, цифровом виде ввиду важности этого параметра при динамичном режиме езды. Остальные показатели расположены по принципу убывания приоритетности от центра к периферии, что минимизирует время поиска нужной информации в режиме активного вождения.

3. «Спокойный» вариант оформления приборов

В ходе разработки было принято решение наиболее полно раскрыть возможности цифровой панели приборов и помимо реализации двух наиболее эффективных способов вывода информации разработать третий вариант дизайна, пользующийся спросом у водителей – минималистичный (рис. 6).

Рис. 6. «Спокойный» вариант отображения приборов

С целью достижения максимального удобства считывания исключены риски шкал, стрелки и все декоративные элементы. В качестве основной информации выбрана скорость движения. Для индикации частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры охлаждающей жидкости и уровня топлива в баке вновь выбраны горизонтальные указатели ввиду их наибольшего удобства считывания.

Заключение

На основе анализа мировых эргономических исследований и специфики отечественного автомобиля «Родстер «Крым»» были разработаны три сменяемых графических интерфейса цифровой приборной панели. Каждый вариант оптимизирован под определённый сценарий эксплуатации: повседневный городской режим, динамичное вождение и длительные монотонные поездки. Внедрение электронной комбинации приборов вместо аналоговой обеспечивает повышение скорости считывания информации, снижение когнитивной нагрузки на водителя и создаёт технологический задел для последующей интеграции с современными бортовыми системами.

Список литературы

1. Mathilde François, Alexandra Fort, Philippe Crave, François Osiurak, Jordan Navarro. Gauges design for a digital instrument cluster: Efficiency, visual capture, and satisfaction assessment for truck driving // Sciencedirect.com: Science, health and medicals journals, full text articles and books. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814119300216.

2. Константин Сорокин. Обновленные седаны Datsun on-DO и хэтчбеки mi-DO на дорогах Армении: шестнадцатиклапанные моторы и другие новшества // Autoreview.ru: газета «Авторевю». 2017. URL: https://autoreview.ru/articles/plus-vosem/plus-vosem.

Дановский А.Д.
студент,
danovskiy.son@yandex.ru
Научный руководитель: ***Есаков А.Е.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ПРОБЛЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ И НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ STEER-BY-WIRE В РОССИИ: АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ПРАВИЛ ООН № 79 И ТР ТС 018/2011

Аннотация. В статье предпринята попытка рассмотреть применимость действующей нормативной базы Российской Федерации и Евразийского экономического союза к системам рулевого управления по проводам. Основная трудность связана не с отсутствием упоминания технологии, а с тем, что действующие оценочные подходы формировались для систем, подразумевающих механическую связь органов управления с рулевыми механизмами. ТР ТС 018/2011 и Правила ООН № 79 специфику не учитывают. На основе данного обстоятельства делается вывод о необходимости дополнить существующие регламенты и расширить сертификационную практику.

Ключевые слова: steer-by-wire; SbW, рулевое управление; Правила ООН № 79; ТР ТС 018/2011; функциональная безопасность; GB 17675-2025, нормативное регулирование, сертификация.

Постановка проблемы

Актуальность взятой в рассмотрение проблемы обусловлена расширением электрификации систем управления автомобилем. Механические приводы всё чаще сменяются программно-управляемыми, а их безопасность в немалой степени связана с отказоустойчивостью электронных компонентов и их дублированием.

Вопрос о допустимости применения систем рулевого управления по проводам (steer-by-wire, SbW) связан не только с их конструктивными и функциональными особенностями, но и с тем, какими нормативными критериями и процедурами должна подтверждаться их безопасность. Недостатки современных нормативных актов не сводятся к отсутствию прямого упоминания систем SbW. Действующие требования исторически формировались применительно к системам рулевого управления с преимущественно механическими передачами и возможным использованием усилителей и лишь отчасти соотносятся с реальными объектами оценки в системах SbW.

Таким образом, **целью исследования** должно стать выявление устаревших требований в современной концепции нормативного регулирования по отношению к современным системам рулевого управления, а также тех методологических особенностей их сертификации, которые охватывают вопросы безопасности и надёжности систем SbW.

Объектом исследования при этом являются нормы технического регулирования и процедуры оценки соответствия, применимые к SbW в рамках Правил ООН № 79 и ТР ТС 018/2011, а **предметом исследования** – степень соответствия этих норм и процедур актуальным тенденциям развития в обозначенной области.

К **задачам исследования** следует отнести:

– определение того, как внедрение SbW может повлиять на требования к системам рулевого управления;

– анализ границ применимости ТР ТС 018/2011 и Правил ООН № 79 к системам SbW;

– выявление недостатков перечисленных в данных документах требований;

– указание направлений развития сертификационной практики по отношению к системам SbW.

Специфика требований к системам SbW

Суть технологии SbW заключается в устранении прямой механической связи между рулевым колесом и управляемыми колёсами. Взаимодействие осуществляется исключительно посредством электронных сигналов (рис. 1): датчики фиксируют угол поворота и угловую скорость рулевого вала, электронные блоки управления (ЭБУ) обрабатывают эти данные с учётом ряда параметров, а электропривод рулевого механизма реализует рассчитанное значение угла поворота управляемых колёс. Одновременно с этим отдельный электродвигатель, сообщающийся с рулевым валом, создаёт сопротивление на рулевом колесе, имитируя таким образом эффект обратной связи с дорогой. Для обеспечения надёжности и безопасности системы все ключевые электротехнические компоненты системы дублируются.

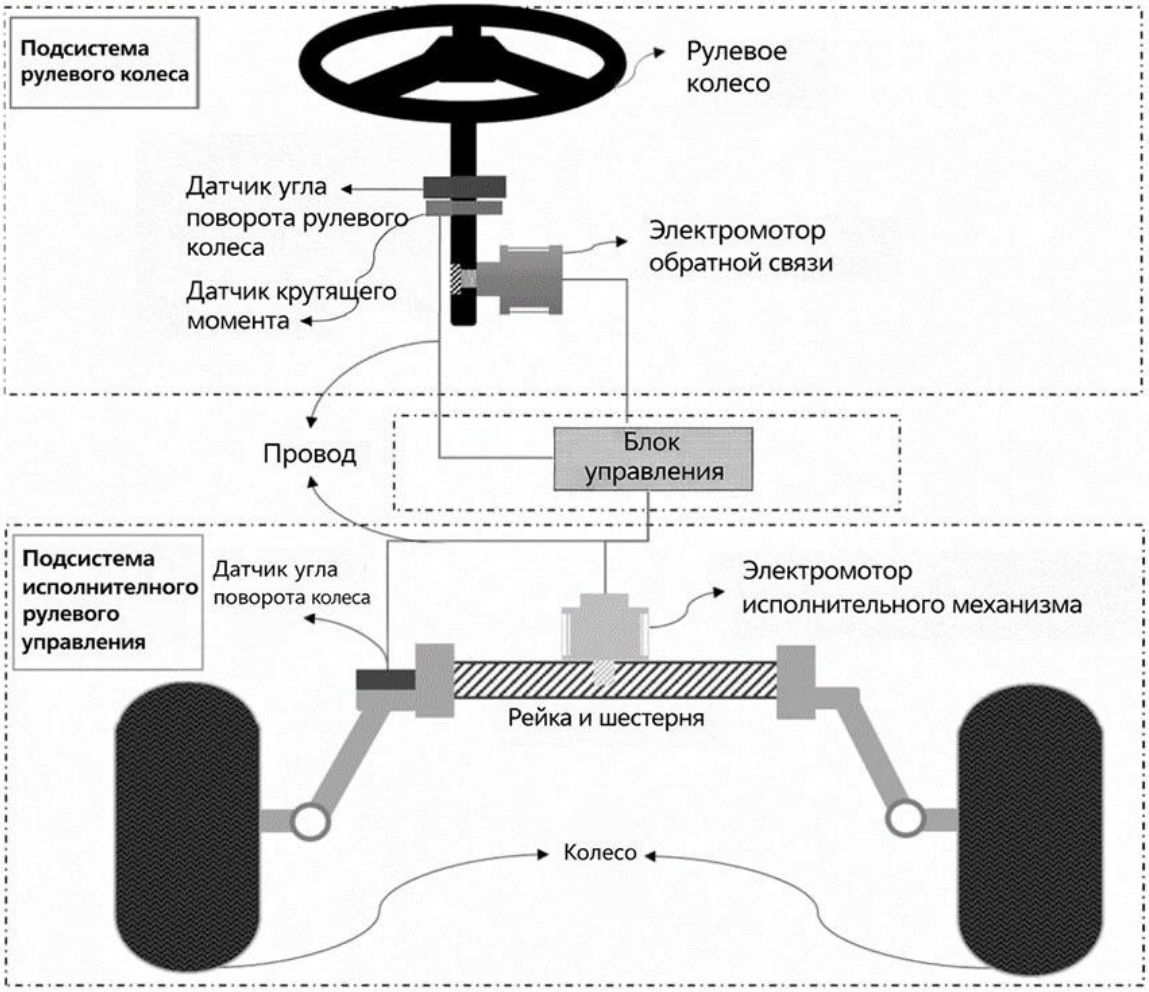


Рис. 1. Схема системы SbW

Для традиционных систем рулевого управления доказательства безопасности в значительной степени строятся на основе механической целостности компонентов, отсутствии их деформаций, значения люфта, прочности соединений и сохранении возможности передачи управляющего усилия. Для SbW это также актуально, так как кинематика рулевого механизма и рулевого привода остаётся прежней, однако только этого уже недостаточно. Безопасность определяется распределением функций между датчиками, ЭБУ, электрическими шинами, исполнительными устройствами, источниками питания и алгоритмами. Следовательно, объект оценки соответствия расширяется от совокупности чисто механических узлов до совокупности электронных, электромеханических, механических, и программных компонентов.

Неполнота ТР ТС 018/2011

ТР ТС 018/2011 выполняет регулирующую функцию в сфере допуска колёсных транспортных средств на рынок Евразийского экономического союза. При анализе содержания данного регламента выясняется, что значительная часть требований к системам рулевого

управления сохраняет логику, ориентированную на их механическую исправность, эксплуатационное состояние и выявление визуально наблюдаемых дефектов.

В ТР ТС [1] требования применяются в соответствии с целевой областью и с учётом переходных положений, установленных в Глобальных технических правилах ООН. Для рулевого управления это Правила ООН № 79. Собственные требования, направленные прежде всего на целостность и работоспособность конструкции, в ТР ТС также присутствуют. Особо это касается приложения № 8, которое посвящено транспортным средствам, находящимся в эксплуатации. Регламент требует плавного изменения усилия на рулевом колесе при повороте, не допускает неработоспособность усилителя рулевого управления и его демонтаж, самопроизвольный поворот колёс, подтекание рабочей жидкости, трещины на конструкции и люфт рулевого колеса. Эти требования важны в контексте базовой безопасности, но в основном они относятся к механическим, гидравлическим и электромеханическим компонентам систем рулевого управления. В ТР ТС дан минимальный набор требований к рулевым механизмам и приводам, не учитывающий специфику систем с электронным регулированием, (например, требование постоянного соответствия поворота рулевого колеса и управляемых колёс в зависимости от скорости движения автомобиля, если Steer-by-Wire позволяет программно изменять максимальный угол поворота рулевого колеса). Регламент не запрещает использование систем SbW, но на данный момент это выглядит не как возможность для их внедрения, а как проявление недосказанности, которая может привести к негативным последствиям в смысле ухудшения активной безопасности транспортного средства.

Эволюция Правил ООН № 79

В период с 1988 г. 2026 г. правила, касающиеся систем рулевого управления, претерпели пять пересмотров. Последняя версия вступила в силу в 2022 г. Важный шаг был сделан в проекте второй серии поправок, подготовленном в 2002 г. В официальном описании прямо указывалось, что цель правок – «добавить к Правилам № 79 технические требования к системам электронного рулевого управления». Именно на этом этапе [16] появилась структурированная группа определений пп. 2.6.1…2.6.4, описывающих частные примеры конструктивных исполнений, включая п. 2.6.3 – «полностью электрический рулевой привод». С этого момента требования становятся более конкретными и переходят от общего нормативного регулирования свойств систем рулевого управления к более специальному регулированию, подразумевающему использование электроники.

Пятый пересмотр [12] нельзя считать окончательным вариантом ответа на вопросы, касающиеся систем SbW. Рабочие материалы GRVA и WP.29 [13] за 2025 г. показывают, что тема по-прежнему подлежит обсуждению. Речь идёт об уточнении действующих положений для систем рулевого управления только с электрическим приводом и о дополнительных мерах по выявлению отказов при выходе из строя источника энергии. Правила № 79 постепенно уходят от логики чисто механического рулевого управления, но до полноценной концепции, позволяющей осуществлять нормативное регулирование SbW, они ещё не дошли.

Новый китайский стандарт GB 17675-2025

Примером правовых норм, направленных на обслуживание современных инженерных проблем, является законодательство КНР, где концепция x-by-wire для автомобилей достаточно быстро воплощается в перспективные прототипы и далее – в системы, которыми оборудуются серийные автомобили. Согласно официальной базе стандартов государственной администрации по регулированию рынка (SAMR), стандарт GB 17675-2025 «Steering system of motor vehicles – Basic requirements» утверждён 2 декабря 2025 г. и должен быть введён в действие с 1 июля 2026 г., заменяя собой редакцию GB 17675-2021.

Теперь стандарт официально отменяет обязательность механической связи рулевого колеса с рулевым механизмом при условии соблюдения функциональной безопасности по стандарту ISO 26262 «Functional Safety Standard for Modern Road Vehicles» [6]. Важен не только факт обновления, но и контекст времени, когда оно произошло. Ряд китайских компаний разрабатывает автоматизированные платформы, электрические системы управления автомобилем, прототипы с системами x-by-wire, презентуют серийные SbW-решения и формируют новую обязательную базу нормативных требований к системам рулевого управления. Первый серийный автомобиль, соответствующий стандарту GB 17675-2025 NIO ET9 [10] уже допущен в КНР до дорог общего пользования.

Вышеизложенное свидетельствует о том, что внедрение систем SbW уже перестало быть вопросом отдалённого будущего. Крупнейший рынок электромобилей и автоматизированных транспортных средств не препятствует внедрению новых технологий, а напротив, обновляет актуальные стандарты под их специфику.

Автомобили со steer-by-wire

Тема внедрения современных норм сертификации в Российской Федерации становится актуальна, поскольку на дорогах общего пользования начинают появляться автомобили с системами SbW. Наиболее характерный пример – Tesla Cybertruck: в официальном руководстве по эксплуатации [11] данного автомобиля указано, что он не имеет механической связи между рулевым колесом и управляемыми колёсами, а сама система построена с использованием ряда дублированных датчиков, ЭБУ и исполнительных устройств.

Также можно упомянуть, что NIO серийно производит ET9, Mercedes-Benz [7] презентовала прототип автомобиля с SbW, концерн ZF подтвердил участие в разработке систем для Tesla, NIO и Mercedes-Benz, акцентируя внимание на концепцию x-by-wire (Рис. 2). Активно ведёт разработки в этой сфере и компания Bosch, которая регулярно презентует свои прототипы SbW. В 2025 г. на Шанхайском автосалоне были представлены восемь производителей автомобилей с системами SbW (NIO, Chery, SAIC, Lexus, JAC, Hongqi, DENZA, IM), а также девять поставщиков с решениями по данной технологии (Shibao, Henglong, Nexteer, Longrun, Chenzhi, DECO, ZF, BHSS, Yubei).

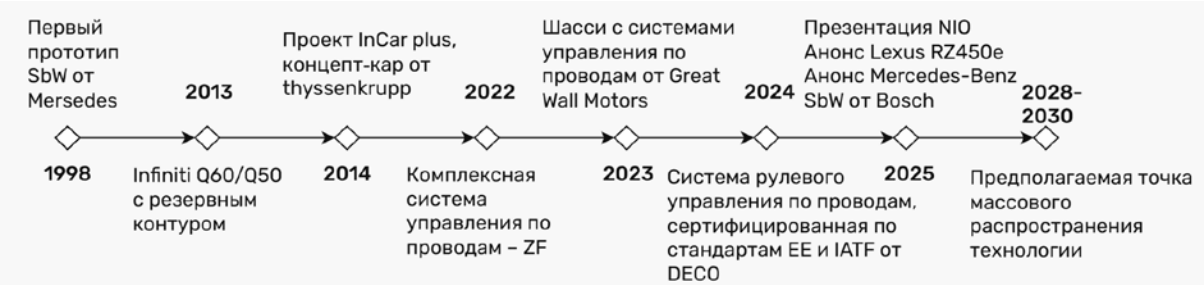


Рис. 2. Развитие технологии SbW

Данные примеры показывают, что технология SbW постепенно перестаёт быть нишевой разработкой и становится обширным промышленным рынком решений (Табл.). Поэтому в российских и евразийских условиях ключевой вопрос состоит не в том, появятся ли вообще автомобили с системами SbW, а в том, как скоро действующая нормативная база придёт в соответствие с теми особенностями, которые для них характерны.

Таблица

Автопроизводители с SbW

Производитель	Модель	Год
Chery	Fulwin	Концепт, 2024 г.
Lexus	RZ	Производство, 2026 г.
NIO	ET9	Производство, 2026 г.
Mercedes-Benz	EQS	Производство, 2026 г.
Lixiang	L9 Livis	Производство, 2026 г.
Hongqi	H9, HS9	Презентация, 2025 г.
IM	LS9	Производство, 2027 г.
DENZA	Z	Презентация, 2025 г.

Предложения

Развитие нормативного регулирования использования автомобилей с системами SbW должно идти не через отказ от современных технологий и упразднение действующих норм, а через переосмысление последних.

Во-первых, необходимо уточнить понятийный аппарат, применяемый к системам рулевого управления нового поколения. Для Российской Федерации и Евразийского экономического союза нужна специальная нормативная основа, близкая по сути к китайскому подходу. Необходим нормативный документ, касающийся систем рулевого управления с возможностью отсутствуя механической связи рулевого колеса с рулевым механизмом, а также включение его требований в процедуры испытаний и допуска к эксплуатации. Такой регламент должен закреплять определения, классификацию архитектур, требования к сохранению управляемости и устойчивости, минимальному необходимому дублированию компонентов, диагностике и времени безотказной эксплуатации.

Во-вторых, сертификация систем SbW должна опираться на национализированный комплекс ГОСТ Р ИСО 26262 прежде всего в частях, связанных с терминами и определениями, а также с проверкой функциональной безопасности как на стадии формирования общей концепции, так и на стадии разработки конкретного конструкторского решения.

В-третьих, требуется определённая модернизация испытательной инфраструктуры. Помимо традиционных этапов стендовых, полигонных и дорожных испытаний необходима разработка сценариев отказов системы, учитывающих характерные временны́е промежутки откликов, возможные потери питания и связи при наличии наводок, а кроме того – сценарии перехода системы в безопасное или ограниченное по функциональности состояние и единые требования к компетенциям испытательных и сертификационных организаций.

Заключение

Внедрение систем SbW в современные автомобили влечёт за собой необходимость изменения процесса сертификации. Проведённый анализ показывает, что ТР ТС 018/2011 и Правила ООН № 79 применимы к таким системам лишь частично и не учитывают свойственные им нюансы. Поэтому для Российской Федерации и Евразийского экономического союза сертификация систем SbW должна строиться на сочетании специального национального стандарта, близкого по логике к GB 17675-2025, и доказательств функциональной безопасности на базе ГОСТ Р ИСО 26262. Подобный подход позволяет устранить выявленные ограничения действующего регламента и сформировать более конкретную процедуру допуска систем SbW с обеспечением их функциональной безопасности в эксплуатации.

Список литературы

1. Евразийская экономическая комиссия. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колёсных транспортных средств». URL: https://eec. eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/bezopKolesnTrS.php (дата обращения: 01.04.2026).
2. Bosch Media Service. Steer-by-wire ready for large-scale production: Bosch and Arnold NextG enter into an alliance. URL: https://www.bosch-presse.de/pressportal/us/en/press-release-21184.html (дата обращения: 07.04.2026).
3. Bosch Mobility. Act-by-wire. URL: https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/ steering/act-by-wire/ (дата обращения: 07.04.2026).
4. Bosch Mobility. Steer-by-wire. URL: https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/ steering/steer-by-wire (дата обращения: 07.04.2026).
5. Chery International. Intelligent Innovation. URL: https://www.cheryinternational.com/pc/esg/intelligentinnovation/index.shtml (дата обращения: 08.04.2026).
6. ISO 26262-1:2018. Road vehicles – Functional safety – Part 1: Vocabulary. URL: https://www.iso.org/standard/68383.html (дата обращения: 10.04.2026).
7. Mercedes-Benz Group. Steer-by-wire becomes reality at Mercedes-Benz. 2025. URL: https://group.mercedes-benz.com/technology/innovation/development/steer-by-wire.html (дата обращения: 04.04.2026).

8. National Public Service Platform for Standards Information. GB 17675-2025 Steering system of motor vehicles – Basic requirements. URL: https://openstd.samr.gov.cn/bzgk/gb/ newGbInfo?hcno=31A8C8FEC38342D2FE8F3F2ECEDFB53F (дата обращения: 09.04.2026).

9. NIO. ET9. URL: https://www.nio.com/et9 (дата обращения: 05.04.2026).

10. NIO. Milestone in technology partnership – new NIO ET9's SkyRide incorporates steer-by-wire system from ZF. 2025. URL: https://www.nio.com/news/20250217001 (дата обращения: 05.04.2026).

11. Tesla. Cybertruck Owner's Manual. Section Steer-by-Wire. URL: https://www.tesla.com/ ownersmanual/cybertruck/en_us/GUID-46420EE2-F6B0-4E95-88D5-E50CB3061101.html (дата обращения:04.04.2026).

12. UNECE. Addendum 78 – UN Regulation No. 79, Revision 5 – Amendment 6. URL:https://unece.org/transport/documents/2025/02/standards/addendum-78-un-regulation-no-79-revision-5-amendment-6 (дата обращения: 02.04.2026).

13. UNECE. Documents for GRVA 15th session: proposals for amendments to the 03 and 04 series of amendments to UN Regulation No. 79. URL: https://unece.org/media/documents-download/events/372614 (дата обращения: 03.04.2026).

14. UNECE. UN Regulation No. 79, Revision 4 – Amendment 6. URL: https://unece.org/ transport/documents/2022/03/standards/un-regulation-no-79-rev4-amend6 (дата обращения: 02.04.2026).

15. UNECE. UN Regulation No. 79, Revision 5. URL: https://unece.org/transport/ documents/2023/10/working-documents/un-regulation-no-79-revision-5 (дата обращения: 02.04.2026).

16. United Nations Digital Library. Proposal for Draft 02 Series of Amendments to Regulation No. 79 (Steering Equipment), prepared by the ad hoc GRRF Informal Group "Electronic Steering". URL: https://digitallibrary.un.org/record/582851 (дата обращения: 03.04.2026).

17. United Nations Digital Library. Regulation No. 79, Amendment 1 to Revision 1. URL: https://digitallibrary.un.org/record/235631 (дата обращения: 03.04.2026).

18. ZF. Start of series production for steer-by-wire steering at Chinese car manufacturer NIO. 2025. URL: https://press.zf.com/press/en/releases/release_81601.html (дата обращения: 06.04.2026).

19. ZF. ZF Steer-by-Wire: Driving Innovation in a New Direction. 2025. URL: https:// press.zf.com/press/ (дата обращения: 06.04.2026).

Круткин И.М.
студент,
ivan2003klg@mail.ru
Научный руководитель: ***Баулина Е.Е.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

УНИФИКАЦИЯ И МОДУЛЬНОСТЬ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕРЬЕРА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Аннотация. В статье рассматривается применение принципов унификации и модульности при проектировании интерьера легкового автомобиля. Актуальность обусловлена недостаточной системной проработанностью данных подходов для компонентов салона. Цель работы – разработка трехуровневой модели унификации и детализированной модульной структуры элементов салона. Предложена иерархическая модель, выделены функциональные модули и обоснована возможность их межмодельного переноса. Результаты показывают потенциал сокращения сроков разработки и производственных затрат при сохранении индивидуализации салона.

Ключевые слова: унификация; модульность; интерьер автомобиля; панель приборов; центральная консоль; модульная архитектура.

Современная автомобильная промышленность функционирует в условиях жёсткой конкуренции, требующей одновременного сокращения сроков вывода новых моделей на рынок, повышения требований к безопасности и удовлетворения растущих ожиданий потребителей относительно комфорта и эстетики салона. Традиционный подход проектирования, предполагающий создание уникального набора деталей интерьера для каждой модели, влечёт экспоненциальный рост номенклатуры компонентов, удорожание оснастки и усложнение процессов сертификации [1].

Одним из эффективных инструментов разрешения указанных противоречий является применение принципов унификации и модульности. Унификация позволяет сократить число типоразмеров и исполнений деталей, обеспечить их взаимозаменяемость, повысить ремонтопригодность и снизить затраты на всех стадиях жизненного цикла изделия. Модульность представляет собой метод компоновки, при котором сложная система формируется из функционально завершённых блоков (модулей) [3].

Унификация и модульность в автомобилестроении

В соответствии с ГОСТ 23945.0-80, унификация изделий определяется как приведение изделий к единообразию на основе установления рационального числа их разновидностей [1]. Модульность как компоновочный принцип предполагает разбиение сложного изделия на автономные функциональные блоки, взаимодействующие через стандартизованные интерфейсы [4].

В автомобилестроении модульный подход получил развитие в рамках концепции «платформы» – общего набора агрегатов и узлов, используемого для семейства моделей различных классов и брендов. Платформа обеспечивает неизменность ряда ключевых геометрических параметров (например, расстояние от моторного щита до пятки водителя) при возможности варьирования колёсной базы, колеи и силовой структуры кузова. Примерами глобальных платформ являются MQB (Volkswagen Group), TNGA (Toyota), CLAR (BMW). Унификация в рамках платформы распространяется преимущественно на элементы шасси, силовые агрегаты и электронику, тогда как интерьер долгое время сохранял высокую степень уникальности.

Существующие практики унификации интерьера

Анализ серийных автомобилей показывает, что элементы унификации в интерьере уже применяются, хотя и не системно. Так, у моделей Skoda Octavia и Skoda Superb, относящихся к разным классам, наблюдаются одинаковые рулевые колёса, блоки управления климатом, дефлекторы вентиляции, ручки селектора переключения передач. В моделях Ford Focus второго поколения блок управления светом имеет единые установочные размеры и разъём для версий с автоматическим и ручным включением фар. У автомобилей BMW серии F экраны мультимедийной системы с разными диагоналями устанавливаются на одинаковые кронштейны. Блоки климат-контроля Volkswagen с сенсорным и кнопочным управлением также взаимозаменяемы.

Приведённые примеры свидетельствуют о наличии потенциала для распространения модульного подхода с уровня отдельных органов управления на крупные агрегаты интерьера – панель приборов и центральную консоль.

Трехуровневая модель унификации интерьера

На основе обобщения практик ведущих автопроизводителей выделены три иерархических уровня унификации, различающиеся масштабом охвата и объектами (табл.).

Таблица

Трехуровневая модель унификации для модульного интерьера

Уровень	Объект унификации	Пример
Внутренний	Крепеж, клипсы, винты внутри одного блока	Все винты в модуле подлокотника имеют единый типоразмер и один тип отвертки
Межмодульный	Интерфейсы стыковки между модулями	Унифицированный разъем для подключения любого модуля к основному жгуту проводки салона
Межпроектный	Модули целиком, переходящие между моделями	Модуль подлокотника от модели А устанавливается в модель Б без доработок

Наибольший экономический эффект ожидается от реализации межпроектного уровня унификации, поскольку он позволяет максимально использовать эффект масштаба при производстве и упрощает сертификацию новых моделей.

Модульная структура панели приборов и центральной консоли

Декомпозиция панели приборов позволила выделить следующие компоненты, которые могут быть реализованы при применении подходов унификации и модульности:

1. Силовой каркас – сварная балка с кронштейнами или литой алюминиевый элемент, унифицированный для всех автомобилей на одной платформе.

2. Каркас панели приборов – литой пластиковый элемент с наружной декоративной накладкой. Точки крепления к силовому каркасу и посадочные места под функциональные модули унифицированы. Форма и материалы накладки могут отличаться в зависимости от модели автомобиля.

3. Сменные функциональные модули:

- модуль комбинации приборов;
- модуль мультимедийной системы;
- модуль климат-контроля;
- модуль перчаточного ящика (с унифицированным корпусом и сменной крышкой);
- модуль управления светом.

4. **Дефлекторы** – могут различаться по ширине, но лопасти, рычаги регулировки и механизмы привода заслонок унифицированы.

5. Декоративные накладки – унифицированы по креплению и форме прилегающих поверхностей, но различаются по цвету и фактуре, обеспечивая индивидуализацию салона.

Аналогичная декомпозиция центральной консоли даёт следующую структуру:

1. Каркас центральной консоли – литой пластиковый элемент, унифицированный по точкам крепления к кузову и по посадочным местам для сменных модулей. Он может отличаться по размерам в зависимости от модели автомобиля.

2. Сменные функциональные модули:

- модуль беспроводной зарядки;
- модуль селектора переключения передач;
- модуль подстаканников;
- модуль подлокотника;
- модуль розеток и интерфейсных разъёмов.

3. Декоративные накладки – в отличие от панели приборов, могут иметь не только различную фактуру и цвет, но и форму, позволяющую менять компоновку функциональных модулей.

Преимущества и ограничения при применении подходов унификации и модульности

Предложенная трехуровневая модель унификации согласуется с общемашиностроительными подходами, но адаптирована специально для проектирования интерьера автомобиля. В отличие от существующих практик, где унификация ограничивается в основном электронными блоками и органами управления, предлагаемый подход распространяет модульность на крупные элементы интерьера.

К основным преимуществам внедрения модели относятся:

- сокращение времени разработки новых моделей за счёт использования однотипных модулей;
- снижение затрат на проектирование и изготовление оснастки благодаря росту объёмов выпуска унифицированных деталей;
- упрощение и ускорение сертификации, поскольку сертифицированный модуль не требует повторных испытаний при установке на другую модель;
- возможность гибкой индивидуализации интерьера через варьирование декоративных накладок и компоновки модулей без изменения базовой структуры.

Вместе с тем внедрение модульного подхода сопряжено с рядом трудностей и ограничений. К ним относятся необходимость компромиссов в дизайне и характеристиках для обеспечения универсальности модулей, усложнение архитектуры программного обеспечения

и проводки из-за необходимости поддержки различных комбинаций модулей, зависимость от ограниченного круга поставщиков, способных обеспечить соответствие жёстким стандартизированным интерфейсам.

Сравнение с опытом ведущих производителей (Volkswagen Group, BMW, Toyota) подтверждает, что тренд на модульность и унификацию интерьера уже начал реализовываться в виде общих элементов управления. Компания Forvia представила свой концепт модульной центральной консоли с технологией On Demand Center Console (рисунок). Но полноценная модульная архитектура панели приборов и консоли пока не внедрена в массовое производство. Это открывает перспективы для дальнейших исследований в области стандартизации интерфейсов и оценки экономической эффективности.

Рис. Модульная центральная консоль от компании Forvia

Таким образом, проведённое исследование показало, что системное применение принципов унификации и модульности к проектированию интерьера легкового автомобиля позволяет сформировать трехуровневую модель, охватывающую внутренний, межмодульный и межпроектный уровни. Детализация модульной структуры панели приборов и центральной консоли демонстрирует возможность сокращения номенклатуры компонентов, снижения сроков и стоимости разработки при сохранении возможностей индивидуализации за счёт вариативности декоративных элементов. Практическая значимость работы заключается в возможности использования предложенной модели при формировании технических заданий на разработку интерьеров перспективных моделей и создании отраслевых рекомендаций по унификации компонентов салона.

Список литературы

1. ГОСТ 23945.0-80. Унификация изделий. Основные положения. М.: Издательство стандартов, 1980. 8 с.
2. Морозов В.А., Смирнов А.В. Методы оценки уровня унификации в автомобилестроении // Автомобильная промышленность. – 2022. – № 3. – С. 12–16.
3. Пономаренко Е.А. Унификация и модульность в проектировании летательных аппаратов // XVIII Королёвские чтения: материалы всероссийской молодёжной научной конференции с международным участием. Самара: Самарский университет, 2025. С. 27–28.
4. Тимохин-Смирнов М.А. Модульность в автомобильной промышленности – процесс глобальных изменений // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5-1. С. 79–82.
5. Федоров А.Е. Модульное проектирование в машиностроении: основы и перспективы // Вестник машиностроения. – 2021. – № 7. – С. 45–51.

6. FORVIA меняет правила игры: центр консоли по настроению. – URL: https://vizator.ru/news/forvia-meniaet-pravila-igry-tsentr-konsoli-po-nastroeniiu-132c8faa (дата обращения 13.04.2026)

7. Haller L., Navarro C. H-point: The fundamentals of vehicle design and construction. 2nd ed. Design Studio Press, 2018. 272 p.

Никифоров Н.А.
студент
Научный руководитель: ***Севрюгина Н.С.***
д.т.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
stereotoroo@yandex.ru

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ТРАНСМИССИЯ: РАЗРАБОТКА МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОРОБКОЙ ПЕРЕДАЧ

Аннотация. Аналитические исследования показывают, что 65 % автомобильного транспорта имеют механические трансмиссии. Переоборудование на автоматизированные трансмиссии требует существенных затрат. На основе разработанной компьютерной модели обоснован вариант компоновочного решения дополнительного блока автоматизации управления коробкой передач. Изготовлен опытный образец включения мехатронного модуля управления в штатную механическую коробкой передач. Проведены предварительные испытания, которые показали эффективность конструктивного решения, экономичного в изготовлении и простого в управлении.

Ключевые слова: автомобиль; трансмиссия; управление; автоматизация; мехатронный модуль.

Управление автомобилем, как показатель безопасности и эффективности его эксплуатации

Процесс Автомобили и тракторы с ручным управлением механической коробкой передач не теряют свою актуальность, по статистическим данным приведенным к общему парку легковых автомобилей этот показатель составляет более 65 % (рис. 1).

Рис. 1. Спрос и предложение на автомобили по типу коробки передач по России

Сравнительный анализ характеристик механических и автоматических коробок, хотя и показывает значительное преимущество автоматических коробок в части удобства использования, снижения влияния ошибок водителя на эксплуатацию автомобиля, но в то же время следует учитывать снижение динамических и скоростных показателей автомобиля, повышения стоимости агрегата и недостаточную их надежность [1].

Целью работы является повышение эффективности включения передач при изменении скорости движения автомобиля путем разработки мехатронного модуля управления коробкой передачи.

Компьютерное вариативное моделирование дополнительного блока управления коробкой передач

В типовой схема коробки передач кинематика переключения включает реверсное перемещение синхронизатора по валу для соединения шестерен различных передач за счет механизма переключения, включающего вилку, закрепленную на валу. Физическое разнесение коробки передач и рычага переключения решается путем изменения штока переключения передач по длине [2].

Построение динамической модели автомобиля в виде функциональных блоков программы Simulink (рис. 2), для ручного управления и механической трансмиссией с включением электронного модуля управление позволило выделить ключевые входные сигналы: положение дроссельной заслонки; усилие на педалях сцепления и тормоза; вектор значений внешних сил на муфты синхронизатора коробки передач. В модели с механической трансмиссией на выходе, для установления управляющего воздействия используются данные по значению скорости вращения коленчатого вала двигателя; давления в тормозной системе; смещение муфт синхронизаторов коробки передач вдоль вторичного вала; скорость и положение автомобиля.

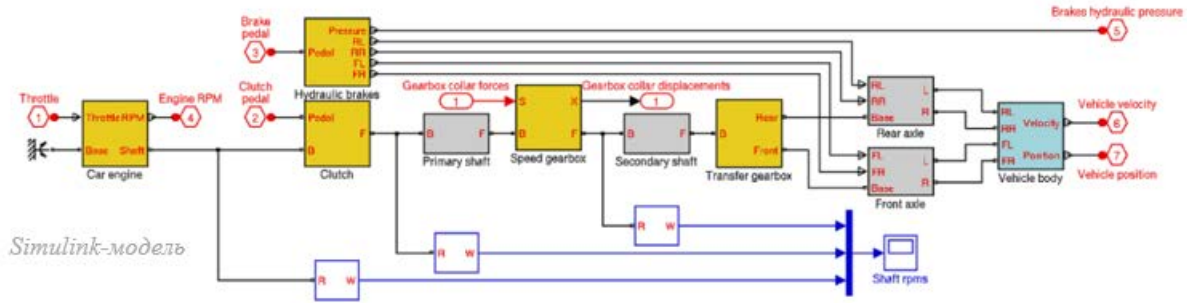


Рис. 2. Схема динамической модели автомобиля с механической трансмиссией

При модификации механической коробки передач встроенными компонентами являются электронный блок управления электродвигателем и блоком переключения передач, в качестве прототипа использовалась концепция конструкции механической коробки передач с электронным управлением.

Разработана схема компоновочного решения, на основании чего создана компьютерная модель с проработкой вариантов модернизации компонентов первичного и вторичного вала, без муфты ограничения момента (рис. 3).

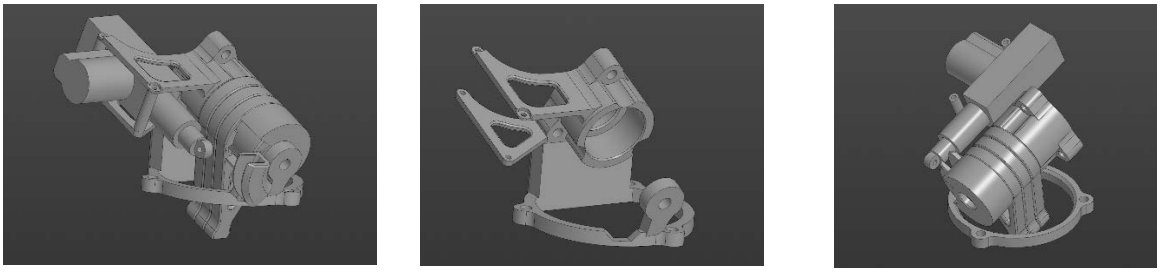
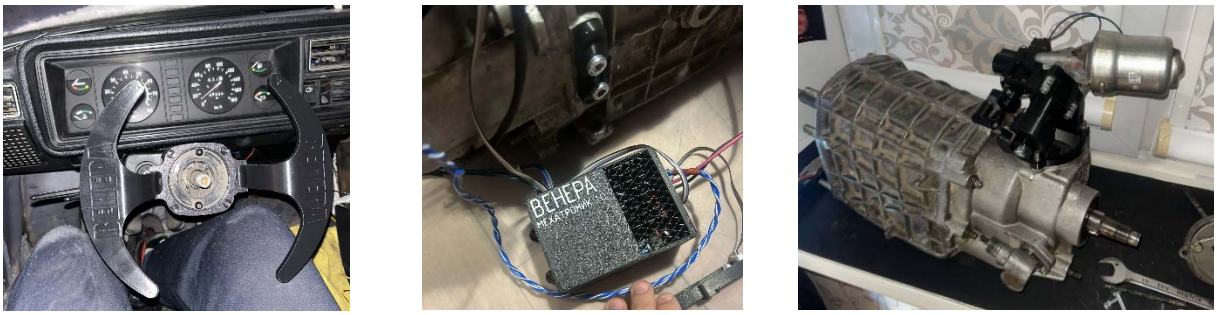


Рис. 3. Имитационная модель с модернизированными компонентами дополнительного модуля для автомазированного управления коробкой передач

Экспериментальный образец дополнительного блока управления коробкой передач

Доводка компьютерной модели позволила минимизировать затраты при создании экспериментального образца (рис.4).

Модифицированная крышка с рычагами переключения, адаптированная для автоматического перемещения. В салоне автомобиля на рулевую колонку установлены подрулевые переключатели (рис.4.а). Автоматизация управления переключением передач производится через электронный блок, запрограммированный для конкретной коробки передач (рис.4 б). Конструкция экспериментального образца включает корпус с электродвигателем и кронштейнами крепления к корпусу коробки передач (рис.4, в).



а) *б)* *в)*

Рис. 4. Конструкция экспериментального образца:
а – подрулевые переключатели; б – электронный блок управления; в – модуль в сборе

Принцип работы мехатронного модуля управления коробкой передач:

- Включаем зажигание.
- Включается блок управления, загорается экран (надпись на экране: *КАЛИБРОВКА*) на модуле приборов, включается режим калибровки привода (поиск 0 точки).
- Положение Нейтральной передачи: завершение калибровки привода, на экране появляется надпись: *N*.

С этого момента можно пользоваться модулем выбора передачи, в нашем случае это подрулевые переключатели.

Работа подрулевых переключателей:

- Правый переключатель с знаком «+» отвечает за повышение передачи.
- Левый переключатель с знаком «-» отвечает за понижение передачи.

Актуальный номер передачи показывается на экране, пока привод переключает передачу экран мигает с небольшой частотой.

Вывод

В исследованиях представлена модель проектирования компонентов автоматизированной механической трансмиссии, включающая каркас электродвигателя, консоли переключения, электронный модуль управления, которая предназначена для использования в качестве основы для дальнейшего проектирования прототипа.

Список литературы

1. Ресурсбережение в системе услуг сервисной кастомизации транспортно-технологических машин / Н. С. Севрюгина, А. Ю. Фомин, М. Д. Рысев, А. Ю. Шугаев // Технический сервис машин. – 2024. – Т. 62, № 1. – С. 28-35. – DOI 10.22314/2618-8287-2024-62-1-28-35. – EDN JHSQHZ.

2. Севрюгина, Н. С. Информативность модулей телеметрии в оценке резервного ресурса коробки передач / Н. С. Севрюгина, М. А. Шевченко, В. Н. Артемьев // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2025. – Т. 12, № 3. – С. 45-51. – DOI 10.24892/RIJIE/20250307. – EDN WRPAYA.

Радченко И.М.
студент,
radchencko.ilya2013@yandex.ru
Научный руководитель: ***Баулина Е.Е.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНТЕРФЕЙСА ПАНЕЛИ ПРИБОРОВ НА ЗРИТЕЛЬНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВОДИТЕЛЯ

Аннотация. В работе рассмотрены преимущества и недостатки внедрения цифровых интерфейсов в интерьер автомобиля, обозначены основные факторы, влияющие на восприятие информации, и метрики зрительного восприятия. Актуальность исследования обусловлена ростом доли цифровых интерфейсов в транспортных средствах и увеличением объёма отображаемой на них визуальной информации. В качестве основных факторов были выделены контрастность отображения и размеры визуальных элементов интерфейса. Предложены действия по дальнейшему изучению влияния параметров отображения на поведенческие и временные метрики.

Ключевые слова: эргономика; человеко-машинный интерфейс; панель приборов.

Развитие технологий производства дисплеев в последние два десятилетия привело к их широкому внедрению в различные сферы деятельности человека: системы коммуникации, рекламные носители и человеко-машинные интерфейсы. Описанный тренд не обошел стороной автомобилестроительную отрасль: начиная с 2010-х годов развивается практика применения цифровых сенсорных дисплеев в интерьере транспортных средств, первоначально в автомобилях премиального сегмента, а в настоящее время – практически повсеместно.

Распространение цифровых панелей обусловлено рядом преимуществ. К их числу относятся снижение стоимости и унификация производства за счёт замены широкой номенклатуры механических элементов управления экранами, расширение возможностей персонализации интерфейса, а также упрощение проектирования приборной панели. Превалирование программных средств и возможностей позволяет изменять представление информации без модификации аппаратной части, что ускоряет разработку и адаптацию интерфейсов под различные требования пользователей.

Наряду с этим широкое распространение цифровых интерфейсов сопровождается проблемами, в первую очередь связанными с низкой степенью программной проработки визуального отображения информации. К ним относятся усложнение взаимодействия в системе «человек-машина» из-за большого числа уровней меню и неинтуитивного расположения функций, увеличение времени отклика интерфейса при недостатке вычислительной мощности контроллера, а также неоптимальное расположение в поле зрения водителя. Указанные факторы приводят к увеличению времени восприятия информации и повышению когнитивной нагрузки в процессе управления транспортным средством, с проявлениями дискомфорта и усталости.

Следствием осложнений восприятия информации является рост числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), произошедших из-за потери внимания водителя. По данным National Highway Traffic Safety Administration [4, с.7] (табл. 1), в период 2020-2024 годов доля ДТП, связанных с отвлечением внимания (distracted driving), составляет 11-13 %. При этом использование мобильных устройств составляет лишь около 8–10 % от данной категории, что указывает на наличие других значимых источников отвлечения, включая взаимодействие с информационными системами транспортного средства.

Таблица 1

Общее число ДТП и аварий, связанных с отвлечением внимания в США за 2020–2024 гг.

Год	Общее количество ДТП	ДТП по причине отвлечения внимания водителя (ОВВ)			
		Количество	Доля от общего количества	Использование мобильного телефона	
				Количество	Доля от количества ОВВ
2020	5251006	680305	13 %	59099	9 %
2021	6103213	804931	13 %	64923	8 %
2022	5930697	652050	11 %	62479	10 %
2023	6138474	781961	13 %	64985	8 %
2024	6180241	732914	12 %	67518	9 %

Рост числа прецедентов стимулировал развитие исследований, направленных на минимизацию времени, затрачиваемого на считывание информации. Так, компания Volvo совместно с со студией дизайна шрифтов Dalton Maag разработали шрифт Volvo Centum [2] и минималистичную концепцию отображения информации на панели приборов (рис. 1), которые производитель намерен внедрить на новую модель EX60.

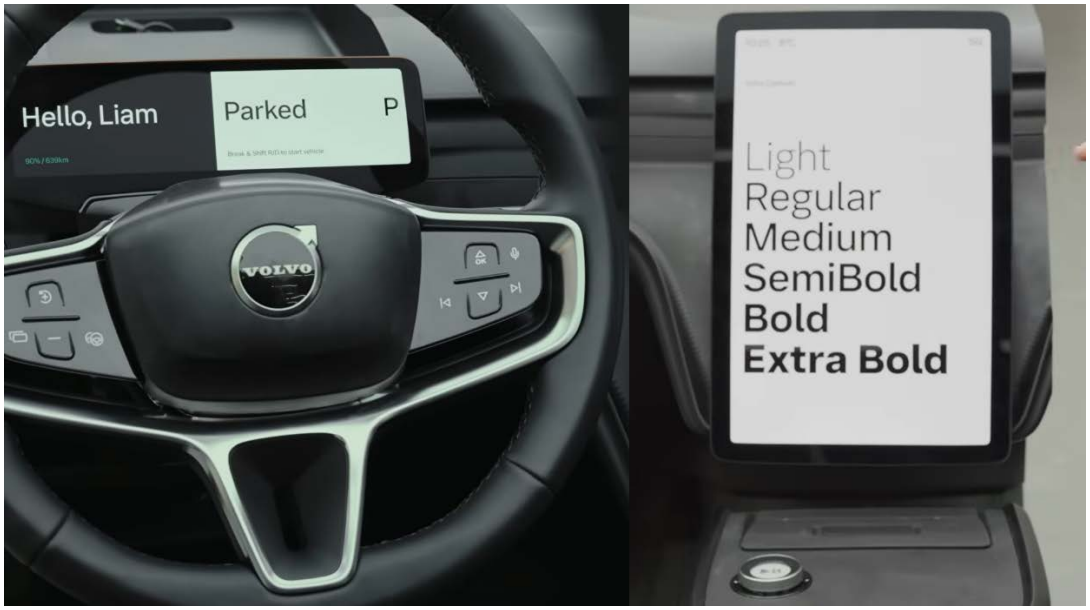


Рис. 1. Дизайн интерфейса панели приборов Volvo EX60

Аналогичные научные изыскания в области оптимизации визуальной информации интерфейсов также проводятся другими крупными автопроизводителями, включая Toyota, BMW и Mercedes-Benz.

В этих условиях особую актуальность приобретает исследование влияния визуальных параметров интерфейса приборной панели на процесс восприятия информации водителем. Несмотря на наличие отдельных работ и стандартов, посвящённых вопросам эргономики интерфейсов, единый подход к оценке влияния параметров отображения информации на поведение водителя отсутствует.

Факторы отображения информации, влияющие на её восприятие

Качество и скорость восприятия информации определяются совокупностью графических параметров визуального отображения. К их числу относятся:

1. Контрастность изображения (отношение яркости или цветового различия между элементом интерфейса и фоном). Формирует различимость визуальных элементов и напрямую влияет на читаемость.

2. Размеры визуальных элементов (высота и толщина шрифта, размеры пиктограмм и графических индикаторов и т.п.). Определяет минимальные условия различимости информации и влияет на скорость её восприятия.

3. Плотность представления информации (количество визуальных элементов, размещённых на единице площади экрана). Характеризует степень насыщенности интерфейса и определяет нагрузку на зрительное восприятие.

4. Цветовые характеристики интерфейса – совокупность параметров цветового оформления, таких как яркость, насыщенность и оттенок. Формируют иерархию восприятия и используются для кодирования и, как следствие, различия информации.

5. Пространственное расположение элементов интерфейса. Характеризует положение относительно поля зрения водителя, а также скорость и удобство переключения внимания водителя.

В рамках настоящего анализа предлагается ограничить количество принимаемых во внимание факторов. Руководствуясь принципами простоты и минималистичности дизайна [7, с. 31-32], наиболее важно рассмотреть контрастность изображения и размеры визуальных элементов, а также основные метрики, связанные с этими параметрами.

Метрики оценки зрительного поведения водителя и их связь со зрительным поведением водителя

Для оценки влияния визуальных параметров на когнитивную нагрузку водителя будут рассматриваться метрики, отражающие временные и поведенческие характеристики водителя. Данные показатели позволяют количественно описать характер взаимодействия водителя с информационными элементами интерфейса и оценить эффективность их восприятия. Среди основных метрик выделяют:

1. Время до первого считывания информации (Time to First Fixation, TFF). Характеризует интервал времени от момента появления визуальной информации до первого успешного зрительного захвата и распознавания элемента интерфейса. Данная метрика отражает эффективность первичной визуальной доступности информации и чувствительна к изменениям контрастности и размеров элементов.

2. Общее время зрительной фиксации (Total Fixation Duration, TFD). Определяет суммарную продолжительность зрительных фиксаций на элементах интерфейса. Отражает когнитивную нагрузку и возрастает при усложнении условий восприятия информации.

3. Время перемещения взгляда (Transition time, TT). Период времени между моментом завершения последней фиксации и началом новой. В зависимости от характера перемещения занимает 20-200 мс.

4. Длительность отвлечения взгляда от дороги (Off-road Glance Duration, OGD). Характеризует суммарное время отвлечения водителя от дорожной обстановки и является ключевой метрикой с точки зрения безопасности движения.

Увеличение значений TFF и TFD в совокупности приводит к росту общей продолжительности взаимодействия водителя с интерфейсом приборной панели, что непосредственно отражается на увеличении длительности отвлечения взгляда от дорожной обстановки (OGD) и ведёт к увеличению рисков ДТП.

Качественное исследование зависимости между метриками TFF, TFD, OSD и рассматриваемыми факторами отображения информации

С целью установления проведено аналитическое моделирование влияния различных комбинаций факторов на метрики. Для дальнейшей визуальной оценки сформировано изображение (рис. 2), содержащее две градации контрастности и три градации размеров элементов, сценарии описаны в Таблице 2. Зависимость определяется путём синтеза описательных данных элементов модели. Методика исследования построена на оценке субъективного восприятия комбинаций параметров в неподвижном состоянии при переводе взгляда от удалённой неподвижной точки при дневном освещении.

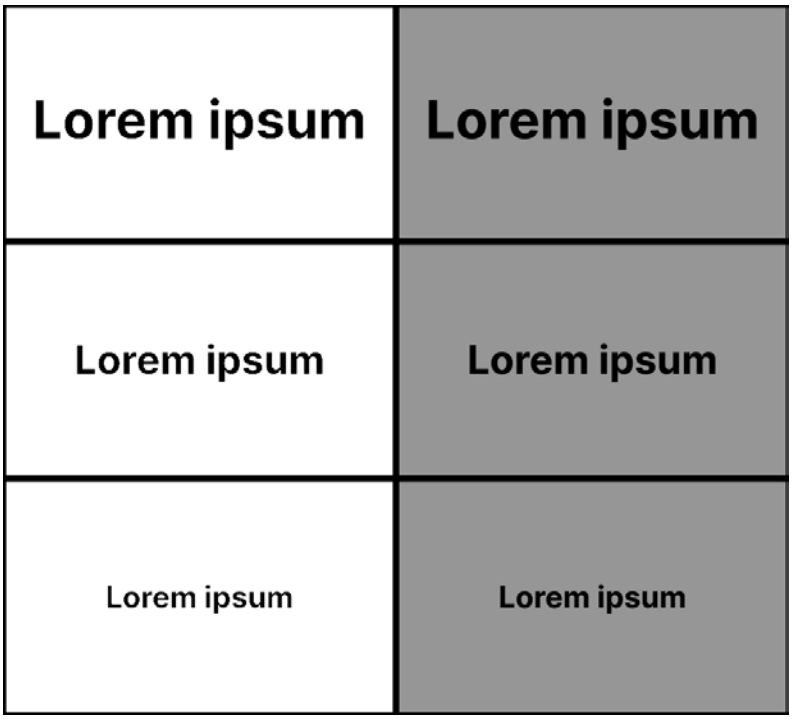


Рис. 2. Комбинации оцениваемых параметров контрастности и размера шрифта

Таблица 2

Описание сочетания визуальных параметров при разных сценариях

Сценарий	***Характеристика контрастности***	***Размер элементов***
А	Высокая	Крупный
Б	Низкая	Средний
В	Высокая	Мелкий
Г	Низкая	Мелкий
Д	Высокая	Мелкий
Е	Низкая	Крупный
Ж	Высокая	Средний

В качестве оценки изменения временной продолжительности метрик будут использоваться символы, описанные в Таблице 3:

«↑» – при повышении времени метрики;

«↓» – при понижении времени метрики;

«0» – при отсутствии изменений или их пренебрежимо малом размере.

Для наглядности сравнения знаки имеют кратность, к примеру, «↑↑↑» интерпретируется как «значительное увеличение времени метрики».

Таблица 3

Интерпретация ощущений при визуальной оценке

Символ	***Характеристика изменения времени***
↑	Повышение
↓	Понижение
0	Отсутствие или незначительное изменение

В результате трёх итераций оценки была сформирована Таблица 4, описывающая характер взаимодействия с различными комбинациями.

Таблица 4

Аналитическая модель взаимосвязи визуальных параметров основными временными метриками

Сценарий	***Время до первого считывания информации (TFF)***	***Общее время зрительной фиксации (TFD)***	***Время перемещения взгляда (TT)***	***Длительность отвлечения взгляда от дороги (OD)***	***Примечания***
А	↓	↓	↓	↓↓	Оптимальное сочетание
Б	↑↑	↑	0	↑↑	Проблема поиска
В	↑	↑↑	↑	↑↑	Проблема фиксации взгляда
Г	↑↑↑	↑↑↑	↑↑	↑↑↑	Дискомфорт при поиске и фиксации взгляда
Д	↓	↑	↑	↑	Проблема движения и фиксации взгляда
Е	↑	↑↓	↑	↑	Размытость и нестабильность восприятия
Ж	↓	↓	0	↓	Оптимальное сочетание

Модель формирует представление о комбинации параметров, их преимуществах и недостатках, а также выделяет два наиболее релевантных сценария (А и Б) в рамках используемых данных. В связи с долей субъективности оценки данные могут отличаться при проведении повторной аналитики третьим лицом, но они укладываются в рамки существующих исследований и стандартов, таких как [1], [5].

Заключение

Результаты анализа указывают на наличие устойчивой взаимосвязи между визуальными параметрами интерфейса приборной панели и мерой отвлечённости водителя, выраженной через временные метрики зрительного восприятия. Качественно установлено, что изменения контрастности и размеров визуальных элементов приводят к изменению значений ключевых показателей (TFF, TFD, OGD), отражающих эффективность восприятия информации и уровень отвлечения внимания от дорожной обстановки.

Вместе с тем, проведённый анализ несёт преимущественно обобщённый характер и не учитывает полный спектр факторов эксплуатации транспортных средств, включая индивидуальные особенности водителей, вариативность интерфейсов и им подобные. В связи с этим представляется необходимым дальнейшие развитие исследований зрительного поведения водителей с выявлением количественных показателей метрик.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 15007-1-2016. Эргономика транспортных средств. Оценка зрительного поведения водителя с учётом информационно-управляющей системы транспортного средства: определения и параметры.

2. Чечиков Ю.Б., Лукин В.Н., Секретарёв В.Е. Основы эргономики интерактивных систем: учебное пособие. М: Издательство МАИ, 2023. 76 с.: ил.

I. Grobelina, D. Mailland, M. Horwat. Design of Automotive HMI: New Challenges in Enhancing User Experience, Safety, and Security // Applied Sciences // URL: https://www.mdpi.com/3314244 (дата обращения 12.04.2026).

3. National Center for Statistics and Analysis. Distracted driving in 2024 (Research Note. Report No. DOT HS 813 790). National Highway Traffic Safety Administration. https://doi.org/10.21949/z7ma-yc97 (дата обращения 12.04.2026).

4. Jonathan Bell. Volvo's quest for safety has resulted in this new, ultra-legible in-car typeface, Volvo Centum // Wallpaper. 2025. URL: https://www.wallpaper.com/design-interiors/ corporate-design-branding/volvo-new-font-volvo-centum (дата обращения 11.04.2026).

Товкач П.А.
студент,
polinatovk2006@mail.ru
Научный ркуководитель: ***Варшавский А.А.***
доцент,
andrew_warsaw@mail.ru
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета
Россия, Коломна

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ КЛАПАННОЙ ПРУЖИНЫ СРЕДНЕОБОРОТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. Традиционные аналитические методы расчёта клапанных пружин газораспределительного механизма (ГРМ) не учитывают неравномерность распределения напряжений по виткам. Данное может привести к выходу из строя клапанной пружины в двигателе. Для оценки неравномерности распределения напряжений в клапанной пружине выполнен уточнённый анализ напряжённо-деформированного состояния (НДС) клапанной пружины среднеоборотного дизеля типа ЧН 26/26 с использованием объёмной конечно-элементной модели (МКЭ), который подтвердил данное явление.

Ключевые слова: клапанная пружина, ГРМ, касательные напряжения, коэффициент кривизны витка, МКЭ.

Введение

Клапанные пружины являются высоконагруженным элементом всей конструкции ГРМ [8]. Они обеспечивают посадку клапана в седло и кинематическую замкнутость ГРМ, а также должны обладать значительной упругостью, что при небольших размерах пружин вызывает в них высокие напряжения [9]. Известны случаи поломок пружин на двигателях типа ЧН 26/26, ЧН26,5/31 производства АО «Коломенский завод». Наряду с обычно проводимым расчетом на кручение по известным методикам возможности современной вычислительной техники позволяют при создании и доводке элементов ГРМ дополнительно провести уточненный прочностной анализ пружин.

При расчете пружины в упругой области работы материала определяются максимальные касательные напряжения $\tau_{\max}$ по формуле кручения цилиндрического бруса с учетом коэффициента кривизны витка k:

$$\tau_{\max} = \frac{8kPd_{\text{ср}}}{\pi\delta^3} \tag{1}$$

где $d_{\text{ср}}$ – средний диаметр пружины; δ – диаметр проволоки; P – результирующая внутренняя сила, действующая вдоль оси пружины, k – коэффициент кривизны витка. При значениях индекса пружины $c < 8$ для предварительных расчетов обычно принимают k в пределах от 1,2 до 1,4 [4]. В Таблице 1 представлены различные зависимости для расчета указанной поправки, используемые при расчетах пружин.

Таблица 1

Зависимости для расчета коэффициента k

Зависимость для определения коэффициента *k*	Литературный источник
$\frac{4c-1}{4c-4}+\frac{0{,}615}{c}$	[2, 3, 7]
$\frac{4c-1}{4c-1}+\frac{0{,}615}{c}$	[1]
$\frac{4c+2}{4c-3}$	[5]
$1+\frac{1{,}45}{c}$	[6, 10]

Так, в работе [9] для наружной клапанной пружины двигателя типа ЧН26,5/31 получены различия по напряжениям между результатом МКЭ и по формуле (1), которые достигают порядка 20 %.

Проведение исследования

Для подтверждения вышеуказанного проведен КЭ анализ наружной клапанной пружины двигателя ЧН 26/26, выполненной из стали 51ХФА–Ш. Допускаемые максимальные касательные напряжения τ_{max} составляют560 МПа. Некоторые геометрические параметры наружной и внутренней пружин представлены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры клапанной пружины двигателя ЧН 26/26

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Диаметр проволоки, мм	δ	7
Средний диаметр пружины, мм	$d_{ср}$	58
Индекс пружины	c	8,3
Число рабочих витков	n	7
Длина пружины в свободном состоянии, мм	l_0	120
Предел кратковременной прочности материала пружины, МПа	$\sigma_в$	1470

Созданы твердотельная, конечно-элементная и расчетная модели пружины в программном комплексе ANSYS Workbench (рис. 1).

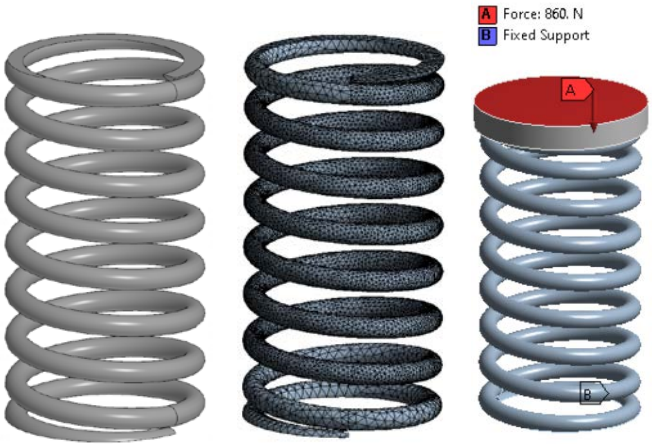


Рис. 1. Твердотельная, конечно-элементная и расчетная модели клапанной пружины

Конечно-элементная модель пружины состоит из 141267 квадратичных тетраэдральных конечных элементов и содержит 219631 узлов. Взаимодействие между витками осуществляется через 2 контактные пары сопряженных поверхностей с коэффициеном трения f = 0,1. Нагружение пружины осуществляется через опорную тарелку рабочим усилием 860 Н. Результаты НДС представлены на рисунке 2.

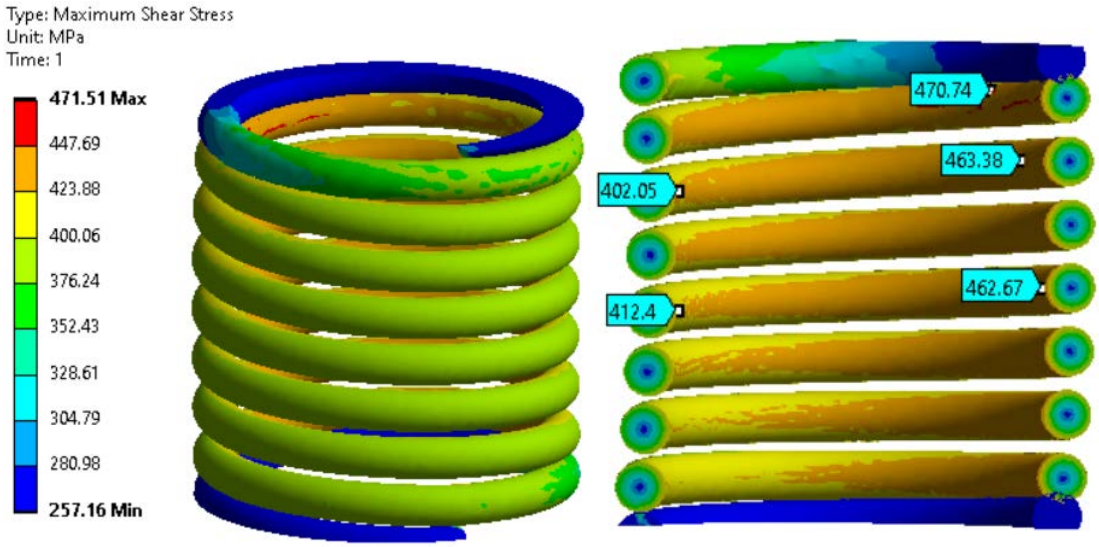


Рис. 2. НДС наружной пружины при рабочей нагрузке

Максимальные касательные напряжения находятся на внутренней стороне нижнего и верхнего рабочих витков и составляют 471 МПа. В Таблице 3 сведены результаты расчета максимальных касательных напряжений, полученных МКЭ, и результаты расчета по формуле (1) для различных значений коэффициентов учета кривизны витка k.

Таблица 3

Результаты расчета максимальных касательных напряжений

Расчетная формула	**Коэффициент кривизны витка**	**Максимальные касательные напряжения, МПа**
МКЭ	–	471
$\tau_{\max} = \dfrac{8kPD}{\pi d^3}$	$k = \dfrac{4c-1}{4c-4} + \dfrac{0{,}615}{c} = 1{,}18$	436
	$k = \dfrac{4c-1}{4c-1} + \dfrac{0{,}615}{c} = 1{,}07$	398
	$k = 1 + \dfrac{1{,}45}{c} = 1{,}18$	435
	$k = \dfrac{4c+2}{4c-3} = 1{,}17$	432

Как видно, имеют место некоторые различия по напряжениям. При этом наибольшие значения напряжений получены при использовании конечно-элементной модели и не превышают допустимого значения для данной марки стали (560 МПа). В среднем сечении пружины максимальные касательные напряжения, полученные МКЭ, согласуются с вышеприведенными результатами расчета по формуле (1). Необходимо отметить что по внутренней стороне первого рабочего витка, уровень касательных напряжений находится в диапазоне от 370 до 471 МПа, что подтверждает явление «неравномерности» касательных напряжений по виткам пружины.

Выводы

1. Выполненный уточнённый анализ НДС клапанной пружины двигателя типа ЧН 26/26 с использованием объёмной конечно-элементной модели подтвердил неравномерность касательных напряжений по виткам пружины.

2. Для верификации результатов расчета МКЭ необходимо проведение тензометрирования клапанной пружины на безмоторном стенде.

Список литературы

1. Биргер И.А. Шорр Б.Ф. Г.Б. Иосилевич. Расчет на прочность деталей машин: справочник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1993. 640 с.
2. Ваншейдт В. А. Судовые двигатели внутреннего сгорания. 2-е изд., перер. и доп. Л.: Судостроение, 1977. 390 с.
3. ГОСТ 13765-86 Пружины винтовые цилиндрические сжатия и растяжения из стали круглого сечения. Обозначение параметров, методика определения. М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. 15 с.
4. Курендаш Р.С. Конструирование пружин // Науч.-техн. о-во машиностроит. пром-сти. Киевская обл. организация. Киев, М.: Машгиз. [Укр. отд-ние], 1958. 108 с.
5. Пономарев С.Д., Бидерман В.Л., Лихарев В.Л. Расчеты на прочность в машиностроении. В 3 т. Т. 1 / под ред. проф. С. Д. Пономарева. М.: Машгиз, 1956. 885 с.
6. Решетов Д.Н. Детали машин: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1989. 496 с
7. Тимошенко С. П. Сопротивление материалов. Т.1: Элементарная теория и задачи / перев. Федорова В. Н. 2-е изд. М.: Наука. 1965. 363 с.
8. Чайнов Н.Д., Краснокутский А.Н., Варшавский А.А. Оценка прочности элементов механизма газораспределения среднеоборотного двигателя // Двигателестроение. 2023. № 2. С. 3-13.
9. Чайнов Н.Д., Краснокутский А.Н., Варшавский А.А. Прочностная надежность пружин механизма газораспределения форсированных среднеоборотных дизелей // Двигателестроение. 2024. № 4. С. 20-28.
10. Чайнов Н.Д., Краснокутский А.Н., Мягков Л.Л. Конструирование и расчет поршневых двигателей: учебник / под ред. проф. Н. Д. Чайнова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 536 с.

Секция
ДИСКУРС ТЕКСТА: ОТ ЛИТЕРАТУРНОГО НАСЛЕДИЯ К ПРАКТИКЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕДИА

Соловьева А.К.
студент,
alenasoloveva618@gmail.com
Научный руководитель: ***Перевалов В.В.***
к.фил.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

РОЛЬ ПРОФИЛЬНЫХ ЗНАНИЙ ПРИ РАБОТЕ В НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ СМИ НА ПРИМЕРЕ МАТЕРИАЛОВ СТУДИИ «РОСКОСМОС МЕДИА»

Аннотация. На примере работ студии «Роскосмос Медиа» исследована взаимосвязь между технической компетентностью корреспондента и качеством создаваемого контента. Рассмотрены проблемы адаптации сложной информации к тезаурусу массовой аудитории, а также вопросы подготовки научно-популярных журналистов.

Ключевые слова: научпоп, наука, журналист, космонавтика, знания.

Человек по своей природе всегда стремится к познанию окружающего его мира. Зачастую знания становятся для него необходимым ресурсом создания возможности собственного дальнейшего социального и профессионального развития.

Мир науки предоставляет для этого огромные возможности. Каждый день в мире делаются сотни открытый в физике, геологии, космических исследованиях, в медицине и всех прочих сферах научной деятельности. Но, к сожалению, практически всегда получаемые интереснейшие данные крайне слабо и неохотно адаптируются для понимания обычной аудиторией. Это приводит к отторжению науки в социуме, созданию атмосферы вражды и социальной фрустрации. Решить проблему – главная задача научно-популярной журналистики, которая может и обязана создавать социальную атмосферу позитивного энтузиазма вокруг науки, технологий, формировать восхищение от решения сложнейших технических и технологических проблем.

Рассматривая современное состояние научно-популярной журналистики, невозможно обойти вниманием её историю. Как отмечает исследователь Р.Н. Абрамов, профессионализация научной журналистики в России уходит корнями в советский проект, когда научно-популярное знание в области естественных наук и технологий распространялось с помощью специальных журналов и книжных серий, выходивших большими тиражами [1]. Журналы «Наука и жизнь», «Природа», «Техника молодежи» стали основой популяризации науки в СССР и базой для формирования стиля сообщества научных журналистов.

В XXI веке начался новый этап популяризации науки, связанный с финансовой поддержкой российской науки и открывшимися возможностями, благодаря сети Интернет. Появились новые научно-популярные интернет-ресурсы, а государство инициировало реформу образования и науки.

Потребность в научно-популярных материалах показывает социологический опрос телеканала «Наука». Если в 2024 году 65 % респондентов интересовалось современными научными достижениями, то в 2025 году таких было уже 72 % [8]. Причем из них 78 % считают,

что людям, которые профессионально никак не связаны с наукой, абсолютно необходимо оставаться в курсе всех современных научных достижений [2].

Эти люди как раз и составляют целевую аудиторию научно-популярной журналистики. Для них создана и активно развивается система специализированных печатных и сетевых СМИ на данную тематику [1].

В задачи научно-популярной журналистики входит не только информирование об открытиях, свершениях или научных программах. Как утверждает исследователь Панюкова С.А, главные принципы такого жанра – это глубокий анализ полученной технической информации, ее осмысление и доступность для широкой аудитории [3]. Журналист, который работает в научно-популярных СМИ, обязан уметь не только оригинально, визуально изложить материал, применяя современные технологии обработки и распространения информации, но и адаптировать его, следуя принципу Стивена Хокинга: каждая формула в книге уменьшает число читателей вдвое [7]. Это позволяет сделать вывод, что научный журналист должен обладать и аналитическими способностями, и технической научной базой соответственно, и позитивной креативностью в изложении своей темы.

Здесь особенно остро встает вопрос о квалификации научных журналистов. Как отмечается в материалах «Роскосмос Медиа», в последнее время растет число блогеров, рассказывающих о космосе и науке, не имея необходимых для этого знаний и компетенций [9]. В этой связи возрастает потребность в формировании квалификационной платформы для специалистов ракетно-космической отрасли и смежных областей, предоставляющей профессионалам возможность высказаться и обмениваться мнением по актуальным вопросам. Такой активно развивающейся площадкой становится портал «Prокосмос» – новое медиа, аккумулирующее в себе всё самое важное об исследованиях космоса, космонавтике, космических технологиях, а также людях и компаниях, двигающих отрасль вперед.

Также отличный пример работы научных журналистов можно увидеть в материалах в том числе подведомственного профильного научно-популярного СМИ «Роскосмос Медиа». Данная организация занимается не только информационном сопровождением конкретно ракетно-космической отрасли. В задачи «Роскосмос Медиа» входит в том числе создание документальных фильмов, репортажей с мероприятий, подготовка сюжетов для трансляций запусков ракет космического назначения, посадок транспортных пилотируемых кораблей, внекорабельной деятельности космонавтов на внешней поверхности Международной космической станции, запись интервью со специалистами ракетно-космической отрасли. На каждый запуск с Байконура и Восточного отправляется съемочная группа, в состав которой в том числе входит корреспондент – полноценный научный журналист, который знает историю космонавтики, основы теории и управления космическим аппаратом и ракетой-носителем, знаком с двигателестроением, космической терминологией и т.п. Именно эти навыки позволяют журналисту уверенно чувствовать себя в кадре, вести прямые эфиры прямо со стартового стола, интересно и доступно рассказывать о всем происходящем на космодроме. Знания основ космонавтики, астрономии, аэродинамики нередко помогают и при подготовке сценарных планов для сюжетов о научном оборудовании. При записи интервью легче стоится коммуникация с космонавтами, инженерами, конструкторами, учеными [5].

Специалисту, который заинтересовался космической отраслью и только пришел в научную журналистику, порой становится непросто разобраться во всех технических аспектах, анализ научных материалов превращается в энергозатратную и трудоемкую задачу. Некоторые научные журналисты приходят в научно-популярную журналистику после окончания профильных высших учебных заведений по техническим и естественнонаучным специальностям. Однако они непременно сталкиваются с проблемой создания доступного материала. В одном из интервью Игорь Афанасьев, научный редактор «Роскосмос Медиа», отметил: «Не все научные и технические работники, которые владеют уникальными знаниями, могут грамотно выражать свои мысли. Поэтому для научного популяризатора хорошо бы иметь второе образование – журналиста» [6]. Такого же мнения придерживается автор Пичугина Т.Б.: «Каждый журналист должен знать о науке, а каждый ученый – о журналистике» [4].

Приходя на работу в редакции научно-популярных изданий, начинающий журналист имеет уникальную возможность познакомиться с оригинальной базой данных редакции: с архивом опубликованных материалов, с научными редакторами, книжными фондами и т.п.

Однако журналист, который только начинает работу в научно-популярных СМИ уже должен иметь базовые знания по профилю издания, которые будут восполняться на протяжении всего профессионального пути, ведь работать с материалами ему предстоит в режиме «здесь и сейчас». Профильные знания могут не только придать уверенности журналисту, но и создать прочный фундамент для более глубоких, увлекательных, познавательных, без фактических ошибок научно- популярных материалов. Многоплановость журналиста даже в одном научном профиле поможет поддержать тенденции развития научно-популярного контента.

Чтобы в СМИ, связанных с научной деятельностью, не возникало дефицита профессиональных и высококвалифицированных специалистов, следует разработать некий профстандарт: годен ли журналист к написанию научно-популярных текстов, анализу наукоемких и наполненных терминологией материалов, работе в условиях повышенной когнитивной, мыслительной нагрузки. Как вариант, при оформлении в штат редакции пройти специальный тест. Например, если мы говорим о космической тематике, то задания будут связанны с ответами на вопросы об истории космонавтики, актуальных космических экспериментах, структуре ракетно-космической промышленности. Будет проверяться и знание основ космической техники: космических аппаратов, ракет-носителей, транспортных пилотируемых кораблей. Конечно, кандидату перед прохождением теста будут предоставляться методические и энциклопедические материалы по данной теме для более комфортной подготовки, как к прохождению задания, так и к работе в самой редакции.

Список литературы

1. Абрамов, Р. Н. Профессионализация научной журналистики в России: сообщество, знание, медиа [Текст] / Р. Н. Абрамов // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. – Томск, 2014. – № 1 (25). – С. 113–119.
2. Интерес россиян к науке достиг максимума за последние годы // Известия: сайт. М., 2025. URL: https://iz.ru/2014619/2025-12-25/interes-rossiian-k-nauke-dostig-maksimuma-za-poslednie-gody (дата обращения 18.02.2026)
3. Панюкова С.А. Научно-популярная журналистика и ее визуализация в интернете: обзор исследований по теме // Медиасреда. 2018. № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-populyarnaya-zhurnalistika-i-ee-vizualizatsiya-v-internete-obzor-issledovaniy-po-teme (дата обращения: 18.02.2026).
4. Пичугина Т.Б. Каждый журналист должен знать о науке, а каждый ученый – о журналистике // LiveInternet.ru: электрон. версия. 2010. URL: https://www.liveinternet.ru/users/wild_katze/post129456548/ (дата обращения: 18.02.2026).
5. Роскосмос Медиа: сайт. М., 2023. URL: https://roscosmos.media/?ysclid=mlr33a81nz679008996 (дата обращения: 18.02.2026).
6. Соловьева А.К. Игорь Афанасьев: «Мы же не художественную литературу пишем!». М.: Вконтакте, 2024. URL: https://vk.com/@397658520-igor-afanasev-my-zhe-ne-hudozhestvennuu-literaturu-pishem?subtype=primary (дата обращения: 18.02.2026).
7. Стивен Хокинг. Краткая история времени: от большого взрыва до черных дыр // Библиотека сайта «Знания-сила»: электрон. версия. URL: https://znaniya-sila.narod.ru/library/pdf_00/hawk_th.pdf (дата обращения: 18.02.2026).
8. Эксперты отметили рост интереса россиян к науке // Известия: сайт. М., 2024. URL: https://iz.ru/1813118/2024-12-25/eksperty-otmetili-rost-interesa-rossian-k-nauke (дата обращения 18.02.2026).
9. «Роскосмос Медиа» на симпозиуме «Создавая будущее» // Роскосмос Медиа: сайт. М., 2024. URL: https://roscosmos.media/roskosmos-media-na-simpoziume-sozdavaya-budushhee/ (дата обращения 18.02.2026).

Самитова О.Б.
студент,
samitovao@bk.ru
Научный руководитель: ***Голева О.П.***
к.и.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

АСПЕКТЫ КОММУНИКАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ НЕЗАВИСИМЫХ КНИЖНЫХ МАГАЗИНОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Аннотация. Материал посвящён анализу основ коммуникационной политики независимых книжных магазинов Санкт-Петербурга как особенного сегмента книжной розницы. В статье рассматриваются особенности коммуникационной политики независимых книжных магазинов Санкт-Петербурга в условиях трансформации книжного рынка 2022-2026 годов. Анализируются инструменты продвижения, применяемые небольшими книготорговыми точками: социальные сети, событийный маркетинг, формирование локальных сообществ читателей. Выявлены специфические паттерны взаимодействия с аудиторией, отличающие независимые магазины от сетевых игроков. Показано, что коммуникационная стратегия «инди»-книготорговцев строится не столько на продвижении товара, сколько на создании культурного пространства и персонализированном диалоге. Практическая значимость исследования определяется возможностью использования выявленных приёмов малыми предприятиями в сфере культурной розницы.

Ключевые слова: коммуникационная политика; Санкт-Петербург; книжные магазины; независимые книжные; контент; событийный маркетинг.

Трансформация книготорговой коммуникации: от продажи к диалогу

Петербургские независимые книжные последние четыре года существуют в принципиально иной коммуникационной реальности, нежели их предшественники начала 2010-х. Речь идёт не просто о переносе части коммуникаций в цифровую среду – хотя и это произошло. Изменилась сама логика взаимодействия с читателем.

По данным социологических исследований, изучавших петербургский книжный рынок в 2023-2024 годах, около 68 % посетителей независимых книжных магазинов приходят туда не за конкретной покупкой, а за «атмосферой» и общением [2]. Цифра поразительная, если вспомнить, что ещё десятилетие назад книжный магазин воспринимался преимущественно как точка продажи. Сегодня же, – особенно для небольших независимых проектов, – главным продуктом стало не столько распространение печатных изданий, сколько создание пространства культурной коммуникации.

Это смещение акцентов заметно в стратегиях таких петербургских книжных, как «Подписные издания», «Свои книги», «Борей Арт Центр». Взять хотя бы практику «Подписных изданий» на Фонтанке: магазин проводит до 15 мероприятий в месяц – презентации, читательские клубы, встречи с авторами. При этом значительная часть аудитории этих событий совершает покупки не в момент мероприятия, а возвращается позже – уже как постоянные клиенты, встроенные в коммуникационное поле книжного.

Здесь возникает принципиальный вопрос экономической эффективности. Ведь событийная коммуникация требует ресурсов: аренды помещений, оплаты модераторов, технического обеспечения. Согласно расчётам, в 2024 году прямая рентабельность культурных мероприятий в петербургских книжных составляет лишь 12-17 %, если считать по продажам непосредственно во время события. Однако картина меняется, если учитывать отложенный эффект: в течение трёх месяцев после посещения мероприятия около 43 % участников совершают покупки в этом же магазине.

Однако, это справедливо не для всех типов событий. Узкоспециализированные встречи – например, презентации поэтических сборников или философской литературы – дают меньший коммерческий возврат, зато формируют ядро постоянной аудитории.

Цифровая среда как пространство идентичности

Переход коммуникаций в социальные сети для независимых книжных Петербурга обозначил новую форму присутствия в городском культурном пространстве.

Рассмотрим контент-стратегии ключевых игроков. «Свои книги» на Марата делают ставку на персонализированные рекомендации: каждый пост в социальных сетях – это развёрнутая рецензия сотрудника магазина с указанием имени автора текста. Никаких безличных «мы рекомендуем». Только «Аня советует», «Миша читал». Это формирует ощущение не корпоративной коммуникации, а диалога с конкретными людьми, имеющими литературный вкус и позицию.

Совсем иная модель у «Борей Арт Центра». Здесь ставка на визуальную эстетику и культурную аналитику: длинные посты о книжных трендах, разборы издательских серий, размышления о судьбе книжной культуры. Аудитория – скорее интеллектуальная элита города, люди с гуманитарным образованием, для которых книжный магазин является не просто местом покупки, но частью культурной идентичности.

Как отмечает Захарова в исследовании петербургской книготорговой среды [4], цифровая коммуникация независимых книжных принципиально отличается от стратегий крупных сетей. «Буквоед» или OZON работают с массовым спросом, их посты – это информация о скидках, новинках, бестселлерах. У независимых же книжных цифровая среда становится пространством конструирования культурного высказывания. Они не столько продают книги, сколько формулируют позицию по отношению к литературному процессу, издательской политике, городской культуре в целом.

В случае цифровой коммуникации речь идёт о формировании долгосрочной лояльности, узнаваемости, включённости в городскую культурную повестку. Книжный магазин, который регулярно упоминается в культурных медиа, цитируется в обзорах, воспринимается как экспертная площадка, получает символический капитал, конвертируемый в устойчивость бизнеса.

Сообщество как ключевой актив: механизмы вовлечения

Самая радикальная трансформация коммуникационной политики петербургских независимых книжных – это переход от модели «продавец-покупатель» к модели «ядро сообщества-участники». Практика последних лет показывает: устойчивыми оказываются те книжные магазины, вокруг которых формируется активное сообщество. Не просто база постоянных покупателей, а группа людей, воспринимающих книжный как «свое» место, участвующих в его жизни, продвигающих его в своих сетях.

Возьмём кейс книжного «Конец прекрасной эпохи». Магазин сознательно выстроил модель «книжного клуба»: раз в две недели – обсуждение прочитанного, участники сами выбирают книги для следующих встреч, модерация минимальная. За два года существования клуба сформировалось ядро из 30-40 человек, регулярно посещающих встречи. Эти люди генерируют около 35 % продаж магазина и приводят новых посетителей – в среднем каждый участник клуба за год приводит троих знакомых [6]. В этом контексте особую роль играет личность владельца или управляющего книжного. По наблюдениям Макаровой, исследовавшей антропологию петербургских книжных [7], наиболее успешные независимые проекты возглавляют люди с выраженной культурной позицией, известные в гуманитарной среде города. Их личный авторитет становится частью коммуникационной стратегии.

Офлайн-событие как коммуникационное ядро

Несмотря на рост цифровых коммуникаций, офлайн-события остаются основой коммуникационной политики петербургских независимых книжных. Более того, в последние два года наблюдается интенсификация событийной активности.

Данные по пяти крупнейшим независимым книжным Петербурга за 2024 год показывают: в среднем каждый магазин проводит 8-12 публичных мероприятий в месяц [8]. Форматы различаются:

- презентации новых книг с участием авторов и издателей;
- читательские клубы и литературные дискуссии;
- лекции по истории литературы, книжной графике, издательскому делу;
- творческие мастерские – переплётные, каллиграфические, иллюстраторские;

- концерты и перформансы на стыке литературы и других искусств;
- детские программы – чтения, спектакли, творческие занятия.

Такое разнообразие форматов объясняется стремлением охватить разные сегменты аудитории и создать регулярный информационный повод для коммуникации. Каждое событие – это контент для соцсетей, упоминания в городских медиа, приток новых посетителей.

Интересно, что наиболее востребованными оказываются не столько «звёздные» презентации известных авторов, сколько камерные форматы с возможностью диалога. Как отмечают организаторы «Подписных изданий», встречи, где аудитория не превышает 25-30 человек и есть время на вопросы и обсуждение, дают лучший эффект в плане формирования лояльности, чем массовые мероприятия на 100+ человек.

Событийная коммуникация выполняет ещё одну функцию – она позволяет книжному магазину встроиться в городскую культурную инфраструктуру. Регулярные мероприятия делают книжный узнаваемым местом, точкой на карте культурного Петербурга. Это особенно важно в конкурентной среде: город насчитывает несколько десятков независимых книжных проектов, и видимость в публичном пространстве становится условием выживания.

Практика, однако, демонстрирует иное: далеко не все мероприятия окупаются даже в долгосрочной перспективе, но с точки зрения коммуникационной стратегии – это инвестиция в репутацию площадки, готовой поддерживать некоммерческую литературу и рисковать.

Персонализация как стратегия удержания клиентов

Один из устойчивых трендов коммуникационной политики петербургских независимых книжных – движение к максимальной персонализации взаимодействия с клиентами.

В отличие от сетевых магазинов, где коммуникация стандартизирована и обезличена, небольшие книжные выстраивают индивидуальные отношения с постоянными покупателями. Продавцы запоминают предпочтения клиентов, рекомендуют книги, исходя из предыдущих покупок и разговоров, иногда откладывают новинки, которые могут заинтересовать конкретного человека.

«Свои книги» практикуют «именные полки»: для самых активных читателей на стеллаже выделяется небольшое пространство, куда сотрудники выкладывают книги, подобранные специально для этого человека. Клиент приходит в магазин и сразу видит подборку, составленную с учётом его вкуса. Это создаёт ощущение личного внимания и заботы, невозможное в крупных торговых сетях.

По оценкам Савельевой, изучавшей клиентский опыт в петербургских книжных [8], персонализированный подход повышает вероятность повторной покупки на 30-40 % по сравнению с обезличенным обслуживанием. Клиенты, получившие индивидуальную рекомендацию, возвращаются чаще и тратят в среднем на 25 % больше за визит.

Однако масштабирование персонализации ограничено. Эта стратегия работает при аудитории до 200-300 активных клиентов, которых сотрудники могут запомнить и с которыми могут выстроить личные отношения. При росте клиентской базы персонализация неизбежно размывается.

Коммуникационные вызовы

Главное противоречие, с которым сталкиваются независимые книжные Петербурга, – это балансирование между коммерческой логикой и культурной миссией.

С одной стороны, книжный магазин – это бизнес, который должен приносить прибыль, окупать аренду, зарплаты, закупку товара. С другой стороны, значительная часть независимых книжных позиционирует себя как культурные проекты, места, где поддерживается качественная литература, продвигаются независимые издательства, создаётся пространство для интеллектуального общения.

Эти две логики часто конфликтуют в коммуникационной политике. Что продвигать – коммерчески успешные бестселлеры или культурно значимые, но малопродаваемые книги? Какие мероприятия проводить – те, что собирают большую аудиторию и дают продажи, или те, что важны с точки зрения культурной миссии, но убыточны?

Разные книжные решают этот конфликт по-разному. Одни сознательно идут на субсидирование культурной программы за счёт коммерческих продаж: бестселлеры финансируют ни-

шевую литературу, массовые мероприятия – камерные встречи с малоизвестными авторами. Другие выстраивают гибридную модель: основное пространство магазина отдано под коммерческий ассортимент, но есть отдельная зона или полка для «культурного высказывания».

В последние годы наблюдается тенденция к прагматизации коммуникационной политики. Как отмечает Захарова [4], независимые книжные всё чаще используют инструменты коммерческого маркетинга: таргетированную рекламу, программы лояльности, партнёрства с брендами. При этом культурная миссия не исчезает, но отходит на второй план или преподносится как часть бренда, а не как самоцель.

Успешные независимые книжные находят баланс между миссией и прибылью, используя культурный капитал для коммерческого успеха и коммерческие ресурсы для реализации культурных проектов.

Заключение

Коммуникационная политика независимых книжных магазинов Санкт-Петербурга за последние годы прошла путь от традиционной розничной коммуникации к сложной многоуровневой системе взаимодействия с аудиторией. Ключевыми элементами этой системы стали событийный маркетинг, цифровые платформы, персонализированный подход и формирование читательских сообществ.

Основное конкурентное преимущество независимых книжных в коммуникационной сфере – способность выстраивать личные, доверительные отношения с клиентами, создавать уникальную атмосферу и культурный контекст, недостижимые для крупных сетей. Именно коммуникация становится тем активом, который позволяет небольшим магазинам противостоять ценовой конкуренции маркетплейсов.

В то же время анализ практики петербургских книжных выявляет ряд проблемных зон. Зависимость от личности основателя, высокие издержки на культурные программы, сложность масштабирования персонализированного подхода, противоречие между коммерческой логикой и культурной миссией – всё это создаёт риски для устойчивости бизнес-модели.

Перспективным направлением развития коммуникационной политики видится гибридная модель, сочетающая цифровую активность с офлайн-присутствием, коммерческую эффективность с культурной экспертизой, массовые форматы с камерными событиями. Книжный магазин будущего – это, вероятно, не только и не столько точка продажи, сколько культурная платформа, где коммуникация и есть основной продукт.

Дальнейшие исследования могли бы сосредоточиться на количественной оценке эффективности различных коммуникационных стратегий, сравнительном анализе петербургской и московской моделей независимой книготорговли, а также на изучении международного опыта небольших книжных магазинов в условиях глобализации и цифровизации книжного рынка.

Список литературы

1. Колмацкая А.Р. Комуникационная политика предприятия//Экономика и социум. 2015. № 6. С. 339–341.
2. «Стратегическая канва» как современный маркетинговый инструмент управления книгоиздательской деятельностью / Сланов В.П. [и др.]. Санкт-Петербург,2023. С.1470-1480
3. Данилов А.П. Трансформация книготорговой среды Санкт-Петербурга в условиях цифровизации // Книжное дело: проблемы и перспективы. 2023. № 3. С. 112-126.
4. Захарова М.И. Цифровые коммуникации в книжной отрасли: анализ петербургских практик. СПб.: Издательство СПбГУ, 2025. 187 с.
5. Иванова Т.Л. Читательские сообщества как форма культурной активности в современном городе // Социология культуры. 2024. № 1. С. 67-81.
6. Калинина О.В. Антропология книжных магазинов: пространство, практики, идентичности. М.: Новое литературное обозрение, 2023. 312 с.
7. Макарова Е.Н. Событийный маркетинг в независимых книжных магазинах: петербургский опыт // Практический маркетинг. 2025. № 2. С. 34-48.
8. Савельева Ю.А. Клиентский опыт в сфере культурной розницы: факторы лояльности и повторных покупок // Маркетинг услуг. 2024. Т. 8. № 3. С. 92-107.

Подъяблонская П.И.
студент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
polinapodablonskaaa@gmail.com

ХУДОЖЕСТВЕННАЯ МЕТАГЕОГРАФИЯ ИОСИФА БРОДСКОГО: ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕТЕРБУРГСКОГО ТЕКСТА

Аннотация. В статье анализируется художественная метагеография Ленинграда в поэзии Бродского на примере стихотворений «Остановка в пустыне», «От окраины к центру» и «Стансы». Выявляются принципы организации пространства: геометризация, оптическая репрезентация, синонимия пространства и времени, автопортретность и диалогичность. Ленинград выступает главным героем, через которого поэт говорит о времени, памяти и утрате. Город становится категорией мышления и способом существования во времени.

Ключевые слова: Иосиф Бродский; метагеография; ленинградский текст; пространство и время; поэтика города; образ Ленинграда.

Введение

Художественная метагеография Иосифа Бродского представляет собой уникальную научную проблему, находящуюся на пересечении литературоведения, культурной географии и философии пространства. Само понятие «метагеография» в применении к поэтическому творчеству требует специального теоретического осмысления, поскольку речь идет о создании принципиально новой реальности, в которой физическое пространство преобразуется в символическое, а топографические координаты становятся координатами экзистенциальными. Как писал близкий друг поэта и его первый биограф Л. В. Лосев, «образный мир Бродского обладает свойством выраженной географичности» [8, с. 36]. А, к примеру, А. М. Ранчин разрабатывал проблематику пространства и времени как ключевых категорий поэтического мира Бродского, подчеркивая, что «время и пространство» являются для поэта «модусами бытия и постоянным предметом рефлексии лирического “Я”» [10]. Художественная метагеография в творчестве Иосифа Бродского описывает не только физическое пространство, но и его влияние на человека, восприятие пространства человеком и взаимодействие с окружающим миром.

Общие принципы метагеографии Иосифа Бродского

Теоретические основания метагеографического подхода

Возникновение и развитие метагеографии как научного направления связано с потребностью осмыслить пространство как культурный конструкт, символическую систему. В применении к творчеству Бродского этот подход оказывается особенно продуктивным именно потому, что поэт сам осмысливал пространство весьма абстрактными категориями. Оно интересует поэта не само по себе, не как объект географического описания, а как среда обитания человека, условие и форма его существования, зеркало, в котором отражается душа. При этом само понятие «пространство» у Бродского неоднородно: оно включает в себя множество уровней – от конкретного пространства коммунальной комнаты до космических бездн, от реального Ленинграда до воображаемой Аркадии. Эта многоуровневость и составляет суть метагеографического подхода: реальная география служит лишь отправной точкой для построения географии символической.

Принципы и особенности организации пространства в поэтическом мире Бродского

Одной из важнейших особенностей поэтики Бродского является активное использование геометрической лексики и пространственных метафор. «Рассыпанные повсюду квадраты, горизонтали, вертикали, перпендикуляры, перспективы, углы и треугольники» образуют особый словарь, который служит «средством метаописания лирического содержания» [9]. Геометрические образы позволяют Бродскому придать предельную абстрактность и одновре-

менно наглядность своим размышлениям о времени, пространстве и человеческом существовании. Особый интерес представляет эволюция употребления подобной лексики в разные периоды творчества. Фиксируется такая закономерность: «после эмиграции квадратов, углов, вертикалей, перспектив и т. д. – в пересчете на количество стихотворных строк – становится в разы больше, чем до эмиграции» [9]. Этот факт красноречиво свидетельствует о том, что утрата привычного физического пространства (Ленинграда) заставляет поэта с особой интенсивностью конструировать ментальное пространство, подчиненное строгим законам симметрии и перспективы.

Исследователи обращают внимание на то, что пространство у Бродского всегда дано через определенную оптику, конкретный способ видения. Речь идет о «последовательностях смены фокуса линзы и способах построения видеокадра в поэтических текстах» [9], причем эти способы эволюционируют на протяжении творческого пути. Поэт словно примеряет различные оптические приборы – от микроскопа до телескопа, от бинокля до кинокамеры, – и каждый из них задает особый ракурс видения пространства. В ранних стихах преобладает традиционная пейзажная оптика: взгляд лирического героя устремляется ввысь, затем опускается, захватывая ширь, затем фокусируется на крупном плане человека. Однако постепенно эта оптика усложняется, становится более абстрактной, геометрически выверенной. В зрелых и поздних стихах Бродского мы имеем дело уже со взглядом на сам акт видения, с рефлексией по поводу оптики как таковой. Город предстает как сложно устроенная система отражений, преломлений, оптических иллюзий.

Ключевым для понимания метагеографии Бродского является тезис о том, что в его поэтическом мире пространство служит метафорой времени. Любой пространственный образ всегда имеет временное измерение и отсылает к истории, памяти. Особенно отчетливо эта синонимия проявляется в образах воды. Вода у Бродского – всегда воплощение времени, его текучести и необратимости, но одновременно и его вечного возвращения. Болота, реки, моря, каналы – все эти водные образы работают на создание сложной системы соответствий между географией и историей, местом и временем.

Бродский, говоря о путевых стихах, и сам формулировал один из важнейших принципов своей метагеографии: «С одной стороны, это – пейзаж, с другой – автопортрет». Описывая город, Бродский всегда описывает себя: пространство становится зеркалом, в котором отражается душа, и одновременно холстом, на котором эта душа проецирует свои состояния. Например, в Ленинграде автопортретность пространства реализуется через утрату, ностальгию и память детства. Особую остроту этот принцип приобретает в период эмиграции, когда физическая связь с родным пространством оказывается разорванной.

Примечательная особенность метагеографии Бродского – диалогичность. Пространство у него никогда не является пассивным фоном, это всегда активный собеседник и участник диалога. Лирический герой говорит с ним, спорит, жалуется, благодарит. Город отвечает архитектурой, светом, ветром, водой, камнем. Этот диалог составляет основу сюжета многих стихотворений и циклов. Диалогичность пространства имеет у Бродского глубокие философские основания. Она связана с его пониманием времени и истории как живых, одушевленных сущностей, с которыми возможен и необходим разговор. Город в этой перспективе является сгустком времени, воплощенной историей, имеющей голос и умеющей говорить.

Принципы организации петербургского городского текста в произведениях Иосифа Бродского

Изложенные выше принципы организации пространства в поэтическом мире Бродского – геометризация, оптическая репрезентация, синонимия пространства и времени, автопортретность и диалогичность – обретают плоть и кровь в конкретных географических образах, которые на протяжении всей творческой жизни поэта выполняли функцию смысловых узлов его личной вселенной. Самым первым и родным собеседником, зеркалом и смысловым узлом для Бродского стал, конечно же, Ленинград.

Этот город занимает у поэта место начала и конца, истока и утраты. Это исходная точка, относительно которой могут быть определены и все остальные координаты. Геометрия ленинградских улиц, прямых проспектов и строгих фасадов становится той системой отсчета, от которой поэт будет отталкиваться всю жизнь. Ленинград предстает как взгляд, обращен-

ный внутрь себя, в прошлое, в детство. Время там остановилось, превратилось в пустыню и вечную зиму. Бродский узнает себя в том, чего уже нет, в городе, который остался только в памяти. Диалог с Ленинградом – это диалог с призраком, с тем, что невозможно вернуть, но невозможно и забыть. Как отмечает О. С. Горелов, «авторская интенциональность в поэзии Бродского часто направлена не на Петербург, а от него, то есть задачей является не создание своего варианта городского текста, а отстранение от уже существующего и, более того, сформировавшегося Петербургского текста русской литературы (но сам этот факт и указывает на присутствие Петербургского текста у Бродского)» [5, с. 4].

«Остановка в пустыне»: Ленинград как пространство остановленного времени

Стихотворение «Остановка в пустыне», давшее название первому авторизованному сборнику Бродского, представляет собой ключевой текст для понимания ленинградской метагеографии поэта. Написанное в 1966 году, после возвращения из ссылки, в период, отмеченный смертью Анны Ахматовой и сложными отношениями с М. Басмановой, оно концентрирует в себе важнейшие мотивы всего ленинградского текста: тему утраты, остановки времени, опустошения и метафизического поиска.

Уже само название задает парадоксальную оптику. Пустыня традиционно ассоциируется с песком, зноем, югом, однако у Бродского это пустыня, занесенная снегом, северная, ленинградская. Противопоставление динамических и статических образов становится у поэта основой для создания особого пространственно-временного континуума. Ленинград предстает как пространство абсолютного холода, не столько физического, сколько метафизического, знака остановившегося времени.

Первая же строка задает тему парадоксального присутствия через отсутствие: «Теперь так мало греков в Ленинграде». Важно понять, что «греки» здесь называют не этническую группу, а, скорее, культурный код, обозначают носителей античной традиции, европейской образованности. Логика, вытекающая из этого посыла, чудовищна в своей прямоте: «что мы сломали Греческую церковь, / дабы построить на свободном месте / концертный зал». Эта связь обнажает механизм советского отношения к культуре: сакральное заменяется утилитарным, духовное – развлекательным.

Ключевой образ появляется в строках о том, что теперь «издалека / мы будем видеть не нормальный купол, / а безобразно плоскую черту». Купол – символ небесного, вертикаль, связывающая землю и небо; плоская черта – знак горизонтали, приземленности, утилитарности. Противопоставление вертикали и горизонтали станет в дальнейшем одним из важнейших в поэтике Бродского. Но поэт немедленно углубляет тему, переходя от архитектуры к антропологии: «Но что до безобразия пропорций, / то человек зависит не от них, / а чаще от пропорций безобразья». Этот каламбур обнажает мысль о том, что не архитектура определяет человека, а человек архитектуру, безобразие мира есть проекция внутреннего безобразия.

Вторая часть стихотворения вводит документально точную сцену разрушения. «В церковный садик въехал экскаватор / с подвешенной к стреле чугунной гирей. / И стены стали тихо поддаваться». Речь идет о сносе Греческой церкви св. Димитрия Солунского в Ленинграде. Бродский не просто фиксирует факт, он создает многозначный символический образ.

Упоминание «татарского семейства», к которому ходил поэт, так же имеет точный биографический адрес. Это семья Абдулазизовых-Ивановых, жившая в полуподвале дома № 11 на Греческом проспекте, прямо напротив церкви. Но в ткани стихотворения этот факт обретает символическое измерение. Появляется скрытая оппозиция «греческое – татарское», которая имеет прямое отношение к метагеографическому осмыслению Ленинграда. Как отмечает Л. В. Лосев, «для Бродского Европа, начиная от ее эллинистического истока, это гармония (структурность), движение, жизнь. Азия – хаос (бесструктурность), неподвижность, смерть» [7]. Город, задуманный Петром как европейский проект, в реальности XX века оказывается пространством, где европейское начало вступает в сложное взаимодействие с азиатским, татарским и этнически, и культурно-исторически.

Особого внимания заслуживает прием олицетворения, точнее, его парадоксальное использование. Экскаватор «мог считать / ее предметом неодушевленным / и, до известной степени, подобным / себе». В этих строках происходит странное уравнивание: стена храма и экскаватор оказываются в одном ряду неодушевленных предметов. Но если экскаватор дей-

ствительно мертвая материя, то стена – часть храма, то есть места, где неодушевленное становилось вместилищем духа. Ее разрушение есть акт насилия не просто над материей, но над тем, что материю одухотворяло.

Ироническое замечание «Смешно не поддаваться, если ты / стена, а пред тобою – разрушитель» звучит как комментарий к состоянию человека в тоталитарном мире, в котором «поддаваться» является единственной разумной стратегией для того, кто определен как «неодушевленный». Это социально-политический подтекст, но Бродский продолжает разворачивать мысль в метафизическую плоскость: «А в неодушевленном мире / не принято давать друг другу сдачи». Мир, где все – лишь материя, лишен возможности сопротивления, потому что сопротивление требует души.

Центральный для метагеографии Бродского мотив появляется в сцене ночного созерцания развалин:

«И как-то в поздний час
сидел я на развалинах абсиды.
В провалах алтаря зияла ночь.
И я – сквозь эти дыры в алтаре –
смотрел на убегавшие трамваи,
на вереницу тусклых фонарей.
И то, чего вообще не встретишь в церкви,
теперь я видел через призму церкви».

Апсида (абсида) – алтарная часть храма, обычно полукруглая. Сидеть на ее развалинах значит находиться в точке, где сакральное пространство разрушено, но еще не исчезло окончательно. «Провалы алтаря» и «дыры в алтаре» – образы, фиксирующие пустоту там, где прежде был центр священного. Но именно через эти провалы открывается новое зрение: поэт видит обыденную жизнь (трамваи, фонари) «через призму церкви», то есть сквозь ту систему координат, которую задавала разрушенная, но не исчезнувшая духовность. Церковь стала оптическим прибором, сквозь который мир предстает в новом свете.

Далее следует развернутое сравнение, которое Бродский называет ключом к пониманию «эстафеты поколений». Речь идет о собаках, которые на прежнем месте «задирают лапу», хотя ограда давно снесена. Им «грезится ограда», их «грезы перечеркивают явь». Но поэт предлагает и более материалистическое объяснение: «А может быть, земля хранит тот запах: / асфальту не осилить запах псины». Этот образ многозначен. С одной стороны, он иронически снижает высокую тему «эстафеты поколений», ведь что может быть нелепее, чем собаки, метящие несуществующую ограду? Но, с другой стороны, именно в этом снижении заключается глубокая правда: память живет именно в телесной, почти физиологической привязанности к месту. «Вот это и зовут: „собачья верность“» – Бродский заявляет, что верит только в эту эстафету, «вернее, в тех, кто ощущает запах». Для метагеографии Ленинграда это принципиально важный момент: связь с городом осуществляется не через идеологию и даже не через высокую культуру, а через почти животное чувство места, которое хранится в теле, памяти запахов, привычках, не поддающихся рациональному объяснению.

Заключительная часть стихотворения «так мало нынче в Ленинграде греков» возвращает к начальному образу, но теперь он обретает новую глубину. «Греки» здесь уже носители культурной традиции, те, кто мог бы «сохранить сооруженья веры». Но они «свою соху не сохранили», и «непаханое поле заросло». Библейская аллюзия (притча о сеятеле) вплетена в ткань стихотворения: «Ты, сеятель, храни свою соху, / а мы решим, когда нам колоситься». В этих строках слышен спор с исторической судьбой России, принявшей христианство от греков, но не сумевшей сохранить его культурное наследие: «Одно, / должно быть, дело нацию крестить, / а крест нести – уже совсем другое».

Стихотворение завершается серией риторических вопросов, которые остаются без ответа:

«Сегодня ночью я смотрю в окно
и думаю о том, куда зашли мы?
И от чего мы больше далеки:
от православья или эллинизма?
К чему близки мы? Что там, впереди?
Не ждет ли нас теперь другая эра?

И если так, то в чем наш общий долг?
И что должны мы принести ей в жертву?»

«Остановка в пустыне» задает все основные параметры ленинградского текста Бродского. Во-первых, время в Ленинграде застыло в холоде пустыни. Во-вторых, город видится через призму утраченного, через разрывы в ткани бывшего сакрального пространства. В-третьих, связь с городом осуществляется через телесную память. В-четвертых, Ленинград наследует и одновременно прерывает традицию европейского, античного начала в русской культуре.

«От окраины к центру»: движение как метафора возвращения и утраты

Стихотворение «От окраины к центру», написанное двадцатидвухлетним Бродским в 1962 году, так же занимает особое место в ленинградской метагеографии поэта. Если «Остановка в пустыне» предлагает статичную картину города-пустыни, то здесь разворачивается динамическая модель: движение из промышленной окраины в центр осмысляется как метафора возвращения к истокам. Однако это возвращение оказывается глубоко парадоксальным – чем ближе герой к центру, тем дальше он от того, что ищет. Центр становится местом окончательной утраты.

Стихотворение построено на двух ключевых антитезах: временной («тогда» – «теперь») и пространственной («окраина» – «центр»), которые заявлены уже в названии. Эти оппозиции работают в сложном взаимодействии, создавая тот пространственно-временной континуум, который станет определяющим для всей метагеографической системы Бродского.

Уже начальная строка «Вот я вновь посетил эту местность любви» отсылает читателя к знаменитому пушкинскому стихотворению «Вновь я посетил…». Бродский тем самым включается в разговор, который вели более зрелые поэты, вступает в диалог с классической традицией. Однако этот диалог сразу же обнаруживает свою полемическую природу. Если у Пушкина возвращение в Михайловское приносит утешение, примирение с прошлым и будущим, то у Бродского возвращение на Малую Охту (район, где жила его возлюбленная) оборачивается лишь обостренным переживанием утраты. Пушкинское «Здравствуй, племя младое, незнакомое» трансформируется в «Добрый день, моя юность. Боже мой, до чего ты прекрасна» и тут же сменяется пониманием, что эта юность безвозвратно утеряна. Бродский словно спорит с классиком: по словам поэта XX века, «все попытки воскресить прошлое похожи на старания постичь смысл жизни», то есть эти попытки безнадежны.

Важнейшей особенностью стихотворения является его топографическая конкретность. Бродский не случайно указывает район Малая Охта, это промышленная окраина Ленинграда, которую поэт «пробегал сквозь тысячу арок», чтобы увидеть свою возлюбленную, жившую в общежитии. В этом районе действительно находилось множество заводов: «Петрозавод», завод «Штурманские приборы», гидромехоборудования, железобетонный, лакокрасочных изделий, Охтинский механический, «Ленбытхим», комбинат химико-пищевой ароматики и другие производства. Бродский утверждал позднее, что «про эту часть города, про окраины Ленинграда, никто в то время не писал». В советской поэзии существовал некий традиционный набор достопримечательностей «северной столицы», о которых рекомендовалось писать. Обращение к индустриальным окраинам было нарушением литературного этикета, сознательным расширением географических границ поэтического Ленинграда.

Особого внимания заслуживает цветовая палитра стихотворения. Воспоминания о юности окрашены в яркие, преимущественно красные тона: «ярко-красное кашне», «красные болота», «ярко-красный Адам». Этот красный цвет многозначен. С одной стороны, он отсылает к революционной символике, к советским реалиям конца 1950-х годов. С другой стороны, он связан с джазовой культурой разнообразных обложек пластинок. «Теперь», в настоящем лирического героя, «разливается свет темно-синий». Этот переход от красного к синему знаменует смену эпох и состояний души. Синий цвет у Бродского часто ассоциируется с холодом, отчуждением и смертью. Если красный – цвет жизни, страсти, юности, то синий – цвет зрелости, одиночества, метафизического прозрения. Загадочный образ «ярко-красного Адама», возникающий в финальной части стихотворения, получает в этой цветовой логике свое объяснение. Адам – первый человек, символ первозданности. Ярко-красный Адам – это сам лирический герой в своей юности, тот, кем он был когда-то и кем больше не стал. «Новая Ева»,

бегущая, «закрываясь ладонями», – вероятно, возлюбленная, оставшаяся в прошлом. Их встреча на окраине, «в арках», становится символом потерянного рая, в который возврат невозможен.

Также интересно проанализировать символику моста в стихотворении для понимания его метагеографического измерения. Мост, о котором идет речь – скорее всего Большеохтинский мост через Неву, соединяющий район Малой Охты с левым берегом. Он имеет два боковых неразводящихся пролета, перекрытых арочными фермами, что при движении создает эффект «тысячи арок над головой». Мост соединяет не только берега Невы, но и времена, состояния, миры – и это соединение неразрушимо, даже когда сами эти миры исчезают.

Кульминацией стихотворения становятся строки, в которых отчуждение оборачивается освобождением:

«Слава Богу, чужой. Никого я здесь не обвиняю.
Ничего не узнать. Я иду, тороплюсь, обгоняю.
Как легко мне теперь, оттого, что ни с кем не расстался.
Слава Богу, что я на земле без отчизны остался».

Здесь впервые сформулирована позиция отчуждения, отречения от биографического. Парадокс «без отчизны остался» звучит особенно остро, учитывая, что стихотворение написано в 1962 году, задолго до эмиграции. Бродский предвосхищает свое будущее состояние, но придает ему универсальное значение: утрата родины начинается уже с осознания невозможности вернуться в прошлое. Это экзистенциальное прозрение сопровождается строками «Невозможно отстать. Обгонять – только это возможно». Время необратимо, возврат невозможен, и единственной стратегией является движение вперед, даже если оно уводит от места, которое было домом. Мы не властны над временем, но властны над своим отношением к нему.

Финальная строка звучит как программное самоопределение поэта, которому предстоит прожить жизнь в постоянном движении – от окраины к центру, от одной страны к другой. И в этом движении единственной подлинной отчизной останется сама поэзия, само слово.

«Стансы»: Васильевский остров как точка пересечения реальности и вечности

Стихотворение «Стансы» – одно из самых известных среди ранних лирических произведений Иосифа Бродского. Написанное в 1962 году, оно открывается строками, ставшими хрестоматийными: «Ни страны, ни погоста / не хочу выбирать. / На Васильевский остров / я приду умирать». Как отмечают О. В. Богданова и Е. А. Власова, текст «Стансов» порождает споры, а практика его восприятия двойственна. Одни исследователи относят стихотворение к любовной лирике на том основании, что оно исходно представляет собой текст «в альбом» и включает посвящение подругам автора (Е. В., А. Д.). Другие анализируют механизм перерастания любовного текста в медитативный, философский. Сам Бродский относился к этому стихотворению с подчеркнутым пренебрежением, называя его «альбомным стишком», не включал в свои книги, противился публикациям и чрезвычайно негативно реагировал на попытки его музыкальной интерпретации (стихотворение вскоре после создания было положено на музыку Евгением Клячкиным).

Стихотворение состоит из четырех строф, каждая из которых представляет собой определенный этап движения лирического героя. Композиция построена по принципу плавного перехода от физического к метафизическому: от конкретного пейзажа Васильевского острова к мистико-мифологической безграничной Вселенной.

Первая строфа задает тему выбора места смерти:

«Ни страны, ни погоста
не хочу выбирать.
На Васильевский остров
я приду умирать».

«Метафизика пространства, моделируемого Бродским, преодолевает масштаб реальных географических координат строгих улиц-линий Васильевского острова Ленинграда, но открывает многомерность философского вектора-взора лирического героя» [1, с. 177]. Сферой присутствия лирического персонажа оказывается не столько Васильевский остров, сколько мистико-мифологическая безграничная Вселенная. Высказывание «ни страны, ни погоста»

парадоксально: герой отказывается от выбора, но тут же выбирает Васильевский остров. Это признание неразрывной связи с местом, которое не выбирают, потому что оно дано судьбой.

Вторая строфа вводит мотив темноты и невозможности возвращения:

«Твой фасад темно-синий
я впотьмах не найду,
между выцветших линий
на асфальт упаду».

«Темно-синий фасад» – образ многозначный. Синий цвет у Бродского часто ассоциируется с холодом, отчуждением, смертью, но также и с ночным небом, бесконечностью, вечностью. «Выцветшие линии» – это линии Васильевского острова, но они стерлись временем или расстоянием. Герой не найдет родного дома впотьмах – метафора непроницаемости прошлого, которое уже не различимо во тьме, как и былое чувство принадлежности.

Третья строфа переводит действие в метафизический план:

«И душа, неустанно
поспешая во тьму,
промелькнет над мостами
в петроградском дыму».

Душа отделяется от тела и совершает полет над городом. Мотивы здесь важнейшие: мосты (соединение берегов, переход между мирами), петроградский дым (историческая память: Петроград, а не Ленинград), тьма (смерть, небытие). Глагол «промелькнет» подчеркивает быстротечность, мимолетность этого последнего прощания.

Четвертая строфа – кульминация и финал:

«и апрельская морось,
над затылком снежок,
и услышу я голос:
– До свиданья, дружок».

Апрельская морось и снежок являются приметами северной весны, пограничного времени между зимой и летом, смертью и жизнью. Голос, произносящий «До свиданья, дружок», – это голос родины, судьбы. Он прост, но наполнен трагизмом последнего прощания; родина говорит с поэтом, не осуждая, но и не прощая полностью за его антисоветские настроения и будущую эмиграцию.

Наибольшие споры среди исследователей вызывают заключительные строки стихотворения:

«И увижу две жизни
далеко за рекой,
к равнодушной отчизне
прижимаясь щекой,
– словно девочки-сестры
из непрожитых лет,
выбегая на остров,
машут мальчику вслед».

Отталкиваясь от посвящения «Е. В., А. Д.» (Елене Валихан и Але Друзиной), можно интерпретировать «девочек-сестер» как реальных адресатов. Однако эта интерпретация вызывает вопросы: почему две девушки, отнюдь не родственницы, названы сестрами? Возможно, это олицетворения двух жизней, которые мог бы прожить поэт, но не прожил, возможностей, которые не реализовались. «Мальчик» – сам герой в прошлом, каким он был когда-то, уходящий навсегда в вечность.

Также убедительной представляется трактовка, согласно которой упоминаемая в этих строках река – это Стикс (река царства мертвых), а «две жизни» – рукава уже реальной реки, Невы, омывающие с юга и с севера Васильевский остров. Иносказание основано на традиционной метафоре «река жизни». Так, Васильевский остров оказывается расположенным между двумя реками, реальной Невой и мифологическим Стиксом. Это пограничное положение и составляет суть ленинградского текста Бродского: город находится на границе миров, он сам есть граница. Финал создает удивительный эффект раздвоения, герой видит себя со стороны, прощающегося с самим собой.

В контексте метагеографии Бродского «Стансы» занимают особое место. Здесь Ленинград даже не назван прямо, но он незримо присутствует как то единственное место, которое могло бы быть «страной» или «погостом». «Ранняя (доэмигрантская) поэзия Бродского в целом вписывается в границы петербургского текста: таков мотив смерти героя в петербургском пространстве» [11]. Но одновременно эта смерть может истолковываться Бродским как блаженная, а петербургское пространство предстает воплощением абсолютной красоты и осмысляется как родное. Смерть на Васильевском острове – это в первую очередь исполнение последнего желания, возвращение к истокам.

Контраст всеобщности и частности, продемонстрированный Бродским, вносит в повествование напряжение и драматизм. Реальный Васильевский остров с его строгими линиями становится входом в мифологическое пространство, где текут воды Стикса и душа совершает свой последний полет. Главный метагеографический принцип, реализованный в «Стансах», – парадокс идентичности: отказ от выбора оборачивается предельной укорененностью в месте, данном судьбой.

Вывод

Ленинград в метагеографии Бродского предстает как многослойный и противоречивый образ. В «Остановке в пустыне» это город-пустыня, пространство остановленного времени, где холод и пустота становятся знаками метафизического оцепенения империи. В «От окраины к центру» Ленинград – место движения-утраты, в котором путь к истокам оборачивается осознанием невозможности возвращения, а окраины с их заводским пейзажем обретают статус подлинного лика города. В «Стансах» город становится точкой финального воссоединения, пограничным пространством между жизнью и смертью, а Васильевский остров оказывается одновременно реальной географической локацией и входом в мифологическое пространство.

Объединяющим принципом всех трех текстов выступает чувство, что Ленинград – это место, которое навечно остается с поэтом. Этот город предстает у Бродского особой категорией мышления, способом существования во времени, мерой всех последующих пространственных координат его поэтической вселенной. Город входит в поэта, становится частью его внутреннего ландшафта и именно в этом качестве определяет всю дальнейшую метагеографию, где север и юг, вода и камень, империя и вечность будут неизменно прочитываться сквозь призму ленинградского опыта.

Список литературы

1. Богданова О. В., Власова Е. А. Стратегии восприятия стихотворения Иосифа Бродского «Стансы» // Вестник славянских культур. – 2024. – № 72. – С. 177–187. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/strategii-vospriyatiya-stihotvoreniya-iosifa-brodskogo-stansy/viewer (дата обращения: 01.03.2026).

2. Бродский И. А. Остановка в пустыне: стихотворения / И. А. Бродский. – Санкт-Петербург: Азбука-классика, 2025. – 256 с. – ISBN 978-5-389-04397-8.

3. Бродский И. А. Письма римскому другу: стихотворения / И. А. Бродский. – Санкт-Петербург: Азбука-классика, 2001. – 288 с. – ISBN 978-5-389-01735-1.

4. Бурмина В. И. Языковые средства выражения символа «мост» в стихотворении И. Бродского «От окраины к центру» // Наука в мегаполисе. – 2021. – № 3 (29). – URL: https://mgpu-media.ru/issues/issue-29/world-reflected-word/linguistic-means-expressing.html (дата обращения: 28.02.2026).

5. Горелов О. С. Петербургский текст в художественной концепции И. Бродского: диссертация на соискание ученой степени кандидата филологических наук / О. С. Горелов. – Иваново, 2011. – 25 с. – URL: https://static.freereferats.ru/_avtoreferats/01004900965.pdf?ver=4 (дата обращения: 27.02.2026).

6. Куллэ В. А. Поэтическая эволюция Иосифа Бродского в России: диссертация на соискание ученой степени кандидата филологических наук / В. А. Куллэ. – Москва, 1996. – 246 с. – URL: https://web.archive.org/web/20070706002841/http://www.liter.net/=/Kulle/evolution.htm (дата обращения: 27.02.2026).

7. Лосев Л. В. Иосиф Бродский: Опыт литературной биографии / Л. В. Лосев. – Москва: Молодая гвардия, 2008. – 479 с. – (Жизнь замечательных людей). – ISBN 978-5-235-03089-3.

8. Лосев Л. В. Реальность зазеркалья: Венеция Иосифа Бродского // Иностранная литература. – 1996. – № 5. – С. 26–38. – URL: https://magazines.gorky.media/inostran/1996/5/realnost-zazerkalya-venecziya-iosifa-brodskogo.html (дата обращения: 26.02.2026).

9. Миропольский Г. О развитии поэтики Бродского с притопом // Топос: литературно-философский журнал. – 2015. – URL: https://www.topos.ru/article/laboratoriya-slova/o-razvitii-poetiki-brodskogo-s-pritopom (дата обращения: 26.02.2026).

10. Ранчин А. М. На пиру Мнемозины: Интертексты Иосифа Бродского / А. М. Ранчин. – Москва: Новое литературное обозрение, 2001. – 462, [1] с. – ISBN 5-86793-150-1.

11. Ранчин А. М. Поэзия Иосифа Бродского и Петербургский текст // Город: культура, память и повседневность: материалы Международной научной конференции, Москва, ИНИОН РАН, 2025 / А. М. Ранчин. – Москва: ИНИОН РАН, 2025. – URL: https://istina.msu.ru/conferences/presentations/751167165/ (дата обращения: 02.03.2026).

12. Халимбекова М. Образы времени и пространства в поэтическом сборнике Иосифа Бродского «Остановка в пустыне»: диссертация на соискание ученой степени кандидата филологических наук / М. Халимбекова. – Махачкала, 2004. – 190 с.

Пешкин С.Е., Трубицина А.Д.
студенты,
simonpeshkin@gmail.com, talina2001@yandex.ru
Научный руководитель: ***Егорова Е.Е.***
к.э.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва,
eeegorova1@yandex.ru

ФЕНОМЕН «ЦИФРОВОГО СОАВТОРСТВА»: ЭТИКО-ПРАВОВЫЕ РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В СОЗДАНИИ ТЕКСТОВ

Аннотация. Работа анализирует роль этических норм при использовании автором нейросетевых моделей в процессе создания текстового и визуального контента. В данном исследовании авторы поднимают вопросы моральной ответственности творца, рассматривают технологические риски и проблему сохранения интеллектуальной собственности в эпоху ИИ. Анализ международных стандартов и профессиональных кодексов позволяет описать пятиэтапный алгоритм этичного взаимодействия человека и машины, направленный на защиту интересов аудитории и сохранение репутации автора в издательской сфере.

Ключевые слова: этика; искусственный интеллект; нейросети; авторство; моральная ответственность; алгоритм; прозрачность.

Недавнее массовое внедрение технологий искусственного интеллекта полностью изменило привычные процессы создания текстового, визуального и мультимедийного контента. Сегодня нейросети выступают в роли «цифровых соавторов» для писателей, журналистов, ученых, копирайтеров и специалистов по маркетингу. Значение искусственного интеллекта для современного общества связано со стремительным развитием технологий, начавшимся около двадцати лет назад. Именно успехи в разработке прикладных нейросетей вывели искусственный интеллект на тот уровень влияния, который мы наблюдаем сегодня.

Однако этот неожиданный скачок спровоцировал рождение новой категории проблем. В современных условиях нейросети уже начали с того, что забрали доверие аудитории. Любой контент, поступающий пользователю, вызывает вопрос: а не сгенерировано ли это нейросетью? Из-за отсутствия прозрачности и прослеживаемости в логической цепочке алгоритмов

под угрозу ставится репутация автора или издательства. Для современного мира важно найти способ этического регулирования взаимодействия системы «человек – машина». На передний план выходят вопросы совести и морали, ведь интеграция алгоритмов в творческий труд практически стирает границы между оригинальным человеческим замыслом и машинной компиляцией.

Создание контента всегда накладывало на автора множество ограничений: от моральных предписаний до законодательных норм. В современности эти рамки становятся еще более ощутимы, ведь автор сталкивается с искушением передать не только рутинную работу машине, но и произведение целиком. Получается, что алгоритм должен совершить выбор и донести мораль истории через призму собственных искаженных знаний. Актуальность проблем этики ИИ определила необходимость систематизации базовых этических понятий с целью привнесения этичности в технологию прикладного ИИ [8]. Весь труд, с использованием искусственного интеллекта или нет, ложится на плечи человека – именно он определяет цели и способ применения технологий. Для дальнейшего развития сфер применения ИИ стали необходимы стандарты и рекомендации, определяющие принципы этичного использования технологий [7]. Одним из таких документов стал международный стандарт IEEE 7000-2021 [12], который перекладывает обязанность определения этичности систем на самих потребителей и разработчиков, учитывая их ценности и идеологию. Таким образом, нейросети могут быть только инструментом, и их использование – осознанный личный выбор автора.

Центральным понятием здесь является концепция нравственной ответственности. Этика как учение о морали оперирует категориями добра, зла, справедливости, ответственности и долга [6]. Автор не может делегировать свой «долг» машине. Искусственный интеллект, в силу отсутствия у него сознания, не способен осознавать предназначение своих действий или прогнозировать их социальные последствия. Он не чувствует долга и не оценивает результаты с позиций добра или зла. За любой конечный продукт – будь то достоверность фактов, эмоциональный тон или влияние на умы читателей – ответственность всегда несет человек.

В научной литературе также обсуждаются принципы, согласно которым «системы ИИ с высокой степенью автономности должны быть разработаны таким образом, чтобы их цели и поведение были согласованы с человеческими ценностями на всем протяжении работы» [8].

Традиционная этика делового общения требует от профессионала честности и обязательности [6], что в эпоху нейросетей обязывает автора раскрывать свои методы подготовки текста. В России ориентиром в этом вопросе выступает «Кодекс этики в сфере искусственного интеллекта», где закреплен принцип человекоцентричности: интересы и права человека всегда должны быть выше технологической эффективности [5]. Для автора это означает обязанность сохранять контроль над всем процессом генерации контента. Прозрачность и прослеживаемость стали базовым требованием к любому контенту, а применение нейросетей без специальной маркировки расценивается как нарушение доверия и обман читателя [2].

Для качественного использования нейросетей как инструмента необходимо детальное понимание этических рисков. Без осознанного отношения и наличия «нравственного фильтра» автор может стать жертвой технических несовершенств искусственного интеллекта [9]. Первым риском является генерация ложных или искаженных фактов – «галлюцинаций» [1]. Эта проблема определена архитектурой языковых моделей, которые программируются на создание вероятной последовательности слов, а не на проверку подлинности. Современный прикладной ИИ является лишь упрощенным аналогом естественных нейронных сетей [8]; он может имитировать процесс мышления, но не понимать его.

Ещё один серьезный риск – «предвзятость алгоритмов». Нейросети обучаются на исторически накопленных стереотипах, которые затем переносятся в новые тексты. Автор, использующий сгенерированный текст без критического анализа, рискует неосознанно вложить в свой труд расовые, гендерные или социальные предубеждения. В связи с этим для авторов в 2021 году в ходе Генеральной конференции в Париже были разработаны «Рекомендации об этических аспектах искусственного интеллекта» ЮНЕСКО: «ИИ-система должна способствовать социальной справедливости, соблюдать принципы непредвзятости», а пользователи обязаны «минимизировать проявления дискриминации» [11].

В настоящий момент разрабатывается решение риска, связанного с работой с нейросетями – это вопрос о правовом статусе сгенерированного контента. В научной среде сложи-

лось два подхода: «этические проблемы с системами искусственного интеллекта как объектами» (инструментами) и проблемы, рассматривающие ИИ «в качестве субъектов» [9]. Согласно общепринятому мнению, первый подход с восприятием нейросетей как объектов является основным, однако с каждым днем данная проблема вызывает только больше вопросов.

Значительным риском также является феномен «черного ящика» – невозможность проследить логику машины и понять основания её ответа. Искусственный интеллект лишен моральных ориентиров – только сухая статистика, что создает риск неосознанной публикации автором текста, который хоть и выглядит грамотным, но может нести в себе неэтичный посыл. Наталья Петровна Ратнер отмечает, что «технология отличается от закона тем, что она может ограничивать свободу человека, а не быть результатом демократических процессов» [9]. Указанная разница между двумя понятиями тесно связана с юридическими проблемами интеллектуальной собственности, когда нейросети обучаются на чужих текстах без разрешения, копируя уникальный стиль известных писателей или незаконно используя синтез человеческого голоса для мошеннических целей.

Отдельно стоит выделить риск профессиональной деградации: автор регулярно перекладывает на нейросеть важные этические выборы, критическое мышление «притупляется». Н. П. Ратнер предупреждает, «когда принятие этических решений делегируется машинам, люди могут стать ленивыми или даже неспособными принимать этические решения» [9]. Вдобавок к этому нейросети пишут усредненными, шаблонными формулировками, что как раз позволяет читателю догадаться об обмане. Постоянная работа с искусственным интеллектом незаметно с каждым разом снижает качество работы: тексты теряют живую интонацию, глубину и ту самую чувственность, которая отличает автора от генератора.

Наконец, существует риск информационного загрязнения: создается «замкнутый цикл», где новые модели обучаются на контенте своих предшественников, что ведет к накоплению ошибок и дефициту свежих идей.

Безопасность коммуникации в издательском деле неразрывно связана с доверием. Как подчеркивается в классическом учебнике В. Н. Лавриненко, этика деловых отношений основана на правилах и нормах, смысл которых заключается в «укреплении взаимного доверия, постоянном информировании партнера о своих намерениях и действиях, исключении обмана и дезориентации партнера» [6], то есть негласное использование искусственного интеллекта для написания статей или генерации информационных фото- и видео-подделок (дипфейков) является прямым нарушением данного принципа делового общения.

Автор обязан защищать аудиторию от скрытого психологического воздействия технологий и механизмов «убеждающих вычислений» [6]. В случае появления плагиата или этически некорректного текста вина всегда возлагается на человека, и попытки оправдаться программным сбоем несостоятельны. Также необходимо соблюдать правила цифровой гигиены: разглашение конфиденциальных данных в открытых моделях создает риск их утечки и использования в мошеннических целях. Маркировка материалов вотермарками или дисклеймерами становится обязательным стандартом, подтверждающим уважение к праву читателя знать источник информации.

Основным инструментом при работе с искусственным интеллектом является вводный запрос автора – промпт, который во многом задает поведение нейросети. Вводя промпт, автор должен обозначить ограничения, препятствующие генерации некорректного контента. На человека ложится ответственность за «привитие» этических норм искусственному интеллекту. Известны практики, когда в процессе работы над материалом автор сообщает нейросетевым моделям конфиденциальную информацию или персональные данные, что нарушает принципы цифровой гигиены (совокупность правил, направленных на безопасное, ответственное и здоровое использование цифровых устройств, сервисов и сетевых ресурсов). Разглашение подобных сведений в открытых моделях искусственного интеллекта создает огромный риск их утечки и последующего использования, как для обучения глобальных систем, так и в мошеннических целях. В Рекомендации ЮНЕСКО строго прописана необходимость обеспечивать защиту человеческого достоинства и соблюдать «неприкосновенность частной жизни» [11]. Пренебрежение цифровой гигиеной при передаче информации нейросети классифицируется как одно из грубейших нарушений этики безопасности.

Этичная работа требует перехода к концепции «Человек + машина», предложенной П. Доэрти и Дж. Уилсоном [3]. Они определили максимально эффективный способ взаимодействия как «недостающую середину» – пространство, где люди и машины сотрудничают для достижения результатов, недоступных по отдельности. В этом партнерстве автор берет на себя постановку целей, моральные выборы, описание эмпатии и смысловую интерпретацию.

Алгоритм такого взаимодействия включает несколько этапов:

Первый этап – целеполагание и этический промпт-инжиниринг, где автор выступает наставником и задает этические ограничения.

Второй этап – соблюдение пропорциональности: ИИ должен помогать со структурой или редактурой, но не подменять авторскую мысль.

Третий этап – тотальный фактчекинг, отношение к результату ИИ как к сырой гипотезе [7].

Четвертый этап – «обучение эмпатии» [3], то есть доработка текста под эмоциональные потребности аудитории с привнесением юмора и сострадания.

Пятый этап – транспарентность и открытость перед читателем.

Реализация всего вышеописанного требует от автора развития новых специфических профессиональных «смешанных навыков», о которых пишут Р. И. Мамина и А. В. Ильина – это способность к «взаимному обучению» в паре с машиной [8]. В процессе работы автор не только тренирует нейросеть под свои задачи, но и сам учится делегировать рутинные операции, оставляя за собой решение важных задач, требующих наличия «нравственного» и морального фильтра. Благодаря данному подходу работа превращается из противостояния в партнерство, где лидерство и этика остаются за человеком.

В издательском деле автор всегда сохраняет за собой право «вето». Этичный алгоритм исключает полную автоматизацию без предварительной вычитки. На современном этапе развития технологий основная угроза для автора заключается не в «восстании машин», а в риске чрезмерного делегирования когнитивных функций алгоритмам и стремлении к неоправданному упрощению творческого процесса. Навык «неустанного переосмысления» [3] становится базовым: автору необходимо регулярно обновлять свои знания об ограничениях моделей. Нейросеть подобна зеркалу: в руках компетентного творца с твердыми принципами она дает эффективный результат, но в руках некомпетентного – лишь обнаруживает его слабости. Технологии могут меняться ежегодно, но ответственность автора перед аудиторией и его репутация остаются неизменными ценностями.

Список литературы

1. Асташкина, А. А. Проблемы этики и безопасности при использовании нейросетевых моделей машинного обучения / А. А. Асташкина, Д. В. Букин. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2026. – № 1 (604). – С. 1-3. – URL: https://moluch.ru/archive/604/132281.
2. Вопросы безопасности и этики применения ИИ. – Текст: электронный // Intuit: Национальный открытый университет: [сайт]. – URL: https://intuit.ru/studies/courses/3690/932/lecture/32793 (дата обращения: 19.02.2026).
3. Доэрти, П. Человек + машина. Переосмысление работы в эпоху искусственного интеллекта / П. Доэрти, Дж. Уилсон. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 304 с. – Текст: непосредственный.
4. Кибанов, А. Я. Этика деловых отношений: учебник / А. Я. Кибанов, Д. К. Захаров, В. Г. Коновалова. – Москва: ИНФРА–М, 2006. – 367 с. – Текст: непосредственный.
5. Кодекс этики в сфере искусственного интеллекта: [сайт] / Альянс в сфере искусственного интеллекта. – 2021. – URL: https://a-ethics.ru/ (дата обращения: 18.02.2026). – Текст: электронный.
6. Лавриненко, В. Н. Психология и этика делового общения: учебник для вузов / под ред. В. Н. Лавриненко. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 415 с. – Текст: непосредственный.
7. Леушина, В. В. Этика искусственного интеллекта в стандартах и рекомендациях / В. В. Леушина, В. Э. Карпов. – Текст: непосредственный // Труды 19-й Национальной конференции по искусственному интеллекту (КИИ-2021). – 2021. – С. 120–130.

8. Мамина, Р. И. Искусственный интеллект: в поисках формализации этических оснований / Р. И. Мамина, А. В. Ильина. – Текст: непосредственный // Дискурс. – 2022. – Т. 8, № 6. – С. 17–30.

9. Ратнер, Н. П. Этика искусственного интеллекта: вызовы, риски и решения / Н. П. Ратнер. – Текст: непосредственный // Вестник науки. – 2023. – № 10 (67). – С. 1–8.

10. Этика искусственного интеллекта в России: итоги мониторинга и общественное мнение. – Текст: электронный // Альянс в сфере ИИ: [портал]. – URL: https://a-ethics.ru/analytics (дата обращения: 19.02.2026).

11. ЮНЕСКО. Рекомендация об этических аспектах искусственного интеллекта: принята 23 ноября 2021 г. – URL: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381115_rus (дата обращения: 24.02.2026). – Текст: электронный.

12. IEEE 7000-2021. IEEE Standard Model Process for Addressing Ethical Concerns during System Design. – URL: https://standards.ieee.org/ieee/7000/6781/ (дата обращения: 24.02.2026). – Текст: электронный.

Новиков А.Н.
студент,
alexnovikov7102005@gmail.com
Научный руководитель: ***Наумова Е.О.***
д.фил.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

МЕТАФОРА КАК СРЕДСТВО РЕЧЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В СОВРЕМЕННОМ МЕДИЙНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Аннотация. Статья посвящена анализу метафоры в качестве средства речевого воздействия на аудиторию в современном медиапространстве. Исследуется практическое использование метафоры и ее влияния на современный медиадискурс в различных типах медиа. В ходе исследования удалось подтвердить, что в условиях информационного перенасыщения именно метафоры позволяют не только передавать информацию, но и эффективно её интерпретировать, делая сложные явления более понятными для восприятия.

Ключевые слова: метафора; медиадискурс; медиапространство; средства речевой выразительности; стилистика языка и речи; речевое воздействие; современные медиа; интерпретация информации; коммуникация; информационное перенасыщение.

Изучение данной темы обусловлена довольно значимой ролью средств массовой информации в формировании общественного мнения и интерпретации событий. В условиях информационного перенасыщения журналисту важно не только передать факты, но и сделать их понятными и значимыми для различных типов аудитории.

Язык современных средств массовой информации характеризуется активным использованием разнообразных средств выразительности, среди которых важное место занимает метафора. Метафора представляет собой «троп или механизм речи, состоящий в употреблении слова, обозначающего некоторый класс предметов, явлений и т. п., для характеризации или наименования объекта, входящего в другой класс, либо наименования другого класса объектов, аналогичного данному в каком-либо отношении. В расширительном смысле термин метафора применяется к любым видам употребления слов в непрямом значении» [10].

Следовательно, метафора в медиатексте выполняет не только эстетическую, но также когнитивную и прагматическую функции: она способствует упрощению сложных процессов, делает абстрактные темы более понятными и одновременно может направлять оценку собы-

тий в определённое русло. Посредством метафорических образов формируются устойчивые представления о политике, экономике и социальных процессах, что особенно значимо в условиях быстрого распространения информации. Наиболее важным является то, что благодаря метафорам сложные и нередко трудные для понимания процессы становятся доступнее для широкой аудитории, поскольку подобные образные сопоставления облегчают восприятие информации адресатом.

Кроме того, в современной медиасреде возрастает конкуренция за внимание аудитории, вследствие чего выразительные средства языка становятся важным фактором эффективности текста. Использование метафоры позволяет сделать материал более ярким, эмоционально насыщенным и запоминающимся, что усиливает его воздействующий потенциал.

Термин «речевое воздействие» вошёл в научный оборот благодаря работам различных лингвистов. Его становление происходило на стыке нескольких дисциплин – психолингвистики, философии, теории коммуникации, стилистики и риторики. Для уточнения содержания понятия обратимся к значению слова «воздействие» в различных словарях. Так, С.И. Ожегов трактует его как влияние, направленное на достижение определённого результата [10], а Д.Н. Ушаков – как совокупность действий, призванных повлиять на объект или лицо [19].

Исходя из этого, речевое воздействие можно определить «*как воздействие человека на другого человека или группу лиц при помощи речи и сопровождающих речь невербальных средств для достижения поставленной говорящим цели*» [17]. Таким образом, речь идёт о коммуникативном действии, ориентированном на трансформацию восприятия определенной проблемы. Среди ключевых целей такого воздействия выделяются передача информации, организация предметного взаимодействия и установление коммуникативных отношений [20].

Иосиф Абрамович Стернин в своем учебном пособии «Основы речевого воздействия» подчёркивает, что речевое воздействие имеет два ключевых измерения – вербальное и невербальное. Под вербальным воздействием понимается влияние на адресата посредством языковых средств, то есть словесного оформления высказывания. При этом эффективность такого воздействия обусловлена не только выбором лексики, но и её организацией, интонационным оформлением, а также содержательной стороной речи – в частности, аргументацией и коммуникативной стратегией [20].

Невербальный аспект речевого воздействия, в свою очередь, связан с использованием несловесных средств коммуникации. К ним относят жесты, мимику, особенности поведения говорящего, его внешний облик, а также пространственную дистанцию между участниками общения. Эти элементы сопровождают речь и усиливают или, напротив, ослабляют её воздействующий потенциал.

Эффективность речевого воздействия, определяется степенью достижения этих целей, а также наличием позитивного результата в межличностном взаимодействии.

Особое внимание в данной области уделяется разграничению понятий речевого воздействия и манипуляции, так как данные понятия не являются тождественными. По мнению Е.В. Шелестюка, манипуляция представляет собой скрытое давление, побуждающее человека изменить своё мнение или поведение вопреки собственным установкам [20]. Общим для обоих явлений является использование речи как инструмента влияния на адресата, однако их принципиальное различие заключается в характере намерений: манипуляция всегда предполагает имплицитный, скрытый мотив.

Следовательно, несмотря на тесную взаимосвязь, данные понятия не являются равнозначными. Исследование речевого воздействия требует учёта как собственно речевых средств влияния, так и механизмов манипуляции. В условиях современной коммуникации овладение навыками эффективного речевого взаимодействия становится всё более сложной, но необходимой задачей, поскольку потребность в общении остаётся неизменной.

Если обратиться непосредственно к метафоре, то значительный вклад в ее изучение как средства воздействия в российской лингвистике внёс А. П. Чудинов. Развивая идеи когнитивной лингвистики, исследователь предложил методику анализа **метафорической модели**, которая оказалась чрезвычайно продуктивной в современных исследованиях концептуальных метафор. Основными задачами описания метафорической модели являются, по мнению А. П. Чудинова, выделение «сферы-источника» («области источника») и «сферы-магнита», «сферы-мишени» («области цели»), их лингвокогнитивная характеристика, анализ системы фрей-

мов и слотов исследуемой модели как «когнитивного динамического сценария, отражающего представления о типичной последовательности развёртывания модели» [21,22,23].

Чрезвычайно важной является и справедливая мысль о том, что **система метафорических моделей** – это «важная часть национальной языковой картины мира, национальной ментальности, она тесно связана с историей соответствующего народа и современной социально-политической ситуацией».

Особое внимание Чудинов уделяет **прагматическому потенциалу** метафоры, то есть её способности воздействовать на адресата. В его работах выделяется целый ряд функций, которые метафора выполняет в дискурсе: когнитивная (обработка и переработка информации), номинативная (фиксация знания и наименование реалии), коммуникативная (передача информации в доступной форме), прагматическая (воздействие на адресата), изобразительная (придание образности и выразительности), инструментальная (формирование представления о мире), моделирующая (создание модели мира), эвфемистическая (иносказательность) и популяризаторская (передача сложных идей в доступной форме). Метафора, таким образом, понимается как «сильнейшее оружие формирования у адресата эмоционального состояния и мировосприятия» [23].

Любое высказывание в медиапространстве в той или иной степени направлено на воздействие на адресата. Как подчёркивает Г. Я. Солганик, язык средств массовой информации в целом становится одним из ключевых факторов развития литературного языка: «язык средств массовой информации становится одним из ведущих факторов развития современного литературного языка» [15]. При этом коммуникативная цель может не всегда полностью осознаваться автором высказывания, однако в случаях создания публичного медиатекста – будь то печатный, телевизионный или цифровой – она, как правило, носит целенаправленный характер [5].

Современные средства массовой информации, независимо от формата, выполняют функцию воздействия на аудиторию и, следовательно, участвуют в формировании общественного мнения. Это касается не только газет и журналов, но и телевизионных программ, политических передач, ток-шоу, интервью, новостных выпусков, а также интернет-медиа. Даже развлекательный медиаконтент, ориентированный на лёгкое восприятие, способен оказывать влияние на зрителя или читателя, вызывая различные эмоциональные реакции – от смеха до тревоги. В свою очередь, аналитические и общественно-политические медиапродукты в большей степени ориентированы на целенаправленное формирование взглядов аудитории, которая выступает одновременно и как потребитель информации, и как участник общественной жизни.

В этой связи особое значение приобретает метафора как одно из ключевых средств речевого воздействия в медиадискурсе. Поскольку тема данного параграфа непосредственно связана с метафорой, её рассмотрение является основополагающим. Метафора активно используется для иллюстрации сложных явлений, способствует их осмыслению, формированию новых идей и усилению мотивации, а также влияет на восприятие социальных и политических процессов. Кроме того, она позволяет по-новому интерпретировать проблему, расширяет спектр эмоциональных и когнитивных реакций аудитории и нередко выступает как средство убеждения, побуждающее к определённым выводам или действиям.

С точки зрения лингвистики, метафора представляет собой перенос значения, основанный на сходстве объектов или явлений. Как отмечает Д. Н. Шмелев, при метафорическом переносе «наименование того или иного предмета или явления переносится на другой предмет или явление на основании их сходства» [24].

Метафора является важным средством языковой выразительности, способствующим более лёгкому установлению взаимосвязи между новым объектом и прошлым опытом человека. Как подчёркивают Дж. Лакофф и М. Джонсон, «метафора пронизывает всю нашу повседневную жизнь, причём не только язык, но и мышление и деятельность» [7]. Она позволяет создавать яркие и наглядные образы, основанные на неожиданных ассоциациях и сопоставлениях. В основе метафоры лежит соединение, на первый взгляд, далёких друг от друга предметов и явлений, что придаёт ей особую выразительную силу.

Специфика метафоры заключается в её способности воздействовать не только на рациональный, но и на глубинный уровень восприятия. Как отмечает В. Н. Телия, «метафора об-

ладает способностью воздействовать на сознание и подсознание человека» [18]. Благодаря определённой алогичности и сопоставлению различных признаков, метафора может ускользать от строгого логического анализа и оказывать влияние на подсознание. Она создаёт особую психологическую атмосферу восприятия, способствуя более глубокому усвоению информации и формированию устойчивых ассоциаций.

Метафора широко используется в различных сферах коммуникации: в образовательном процессе, публичных выступлениях, урегулировании конфликтов и межличностном взаимодействии. Она помогает удерживать внимание адресата и воздействовать на его эмоциональную сферу, что подтверждается употреблением устойчивых выражений, таких как «задрал нос» или «душа в пятки ушла». Кроме того, метафора может использоваться для косвенной передачи информации, особенно в ситуациях, когда прямое высказывание может быть воспринято как резкое или некорректное.

В научной литературе подчёркиваются особенности функционирования метафоры в публицистическом стиле. Так, по мнению Г. Я. Солганика, «специфика газетно-публицистической метафоры проявляется в источниках метафоризации, в механизме и сущности (направлении) трансформации семантики лексической единицы, в характере функционирования и в стилистическом облике, качестве метафоры» [16].

Метафора также рассматривается как инструмент скрытого воздействия на адресата. Она может содержать имплицитные внушения, которые органично включаются в текст и воспринимаются без критического осмысления. В связи с этим Е. Л. Доценко выделяет основные признаки метафоры психологической манипуляции: «идею прибирания к рукам», «сохранение иллюзии самостоятельности решений адресата» и «мастерство субъекта воздействия» [3].

Таким образом, метафора выступает не только как средство художественной выразительности, но и как важный когнитивный и коммуникативный инструмент, оказывающий значительное влияние на восприятие и интерпретацию информации. Исследования отечественных и зарубежных теоретиков находят свое практическое применение и в современном медиадискурсе, хотя были написаны в совершенно разное время.

В рассмотренных публикациях отечественных СМИ метафора выступает как важный способ интерпретации действительности. Так, в экономическом телеграм-канале «The Moscow Times» используется выражение «производитель буквально зажат в тисках конкуренции» [1], где рынок представлен как пространство физического давления. Образ «тисков» не только показывает ограниченность действий, но и формирует у читателя ощущение безысходности и внешнего давления. Похожий пример встречается в материале газеты «Коммерсантъ» («Инвесторы ждут перемен», 22.05.2025), где говорится о ситуации, «в которой рынки лихорадит от тарифной дубинки Трампа» [4]. Здесь объединяются сразу две метафорические модели – болезни («лихорадит») и насильственного воздействия («дубинка»), что усиливает ощущение нестабильности и агрессивного внешнего вмешательства.

Метафоры природных и физических процессов также активно используются для описания экономических явлений. Например, в новостных сообщениях встречается выражение «падение цен на нефть “иссушает” приток валюты» [11], где финансовые потоки описываются через образ высыхания, связанный с потерей жизненно важного ресурса. Подобным образом в журнале Forbes отмечается, что «2025 год должен стать для перегретой российской экономики годом охлаждения» [14]. В данном случае признаки температурного состояния переносятся на экономику, создавая представление о необходимости её «нормализации» после опасного перегрева. В публикации «Коммерсанта» («Тёмные тучи сгущаются над американской демократией…» [12]) политическая ситуация описывается через образ приближающейся бури, что усиливает ощущение угрозы и неизбежности кризиса. В другой статье этого же издания («…в отрасли сложилась кризисная ситуация, своего рода “идеальный шторм”…» [2]) используется устойчивая метафора, обозначающая совокупность неблагоприятных факторов, которые усиливают друг друга.

Катастрофические и динамические образы особенно часто используются при описании финансовых рынков. Так, в материалах The Moscow Times встречается выражение «биткоин свалился в штопор» [1], заимствующая лексику авиации и создающая эффект стремительного, неконтролируемого падения. Близкую функцию выполняют выражения из исследователь-

ских и аналитических текстов – «локальное землетрясение в финансах» и «черная дыра дефицита бюджета», где в первом случае подчеркивается внезапность и разрушительность изменений, а во втором – идея безвозвратного поглощения ресурсов.

Одну из групп составляют метафоры болезни и физиологических состояний, которые переводят социально-экономические явления в плоскость телесного опыта. Например, выражение «эпидемия безработицы» формирует представление о массовом и быстро распространяющемся негативном явлении, требующем срочного вмешательства, а высказывание президента Владимира Путина о том, что Россия «постепенно слезает с нефтегазовой иглы» [13], репрезентирует экономическую зависимость как форму наркологической аддикции, тем самым акцентируя её опасность и необходимость «лечения».

В схожей логике работает и ироническая метафора Ксении Собчак «мужская жадность – это болезнь вроде целлюлита» [23], где абстрактное качество получает телесную, визуально ощутимую характеристику, что снижает уровень абстракции и усиливает компонент оценочности.

Концептуальные метафоры ресурса и ценности представлены, в частности, выражением «люди – вторая нефть» [9], предложенным Сергеем Ивановым в 2009 году. Изначально данная формула была направлена на позитивную переоценку человеческого капитала, однако в дальнейшем в медиадискурсе она приобрела ироническую и критическую окраску, особенно в варианте «люди – новая нефть», где население осмысляется как объект эксплуатации. Схожий перенос лежит в основе использования термина «чёрный лебедь», пришедшего из одноимённой книги Нассима Николаса Талеба: в медиатекстах он закрепился как обозначение редкого, непредсказуемого события с серьёзными последствиями, позволяя компактно описывать сложные явления.

Анализ теоретических подходов показал, что метафора выполняет не только эстетическую, но также когнитивную и прагматическую функции, способствуя формированию определённых представлений о действительности. Она активно участвует в процессе осмысления мира, помогая человеку воспринимать сложные и абстрактные явления через более конкретные и знакомые образы. В рамках теории речевого воздействия было установлено, что метафора является одним из наиболее эффективных вербальных средств влияния, поскольку способна воздействовать не только на рациональный, но и на эмоциональный и подсознательный уровни восприятия.

Особое внимание в работе было уделено анализу метафор в отечественных СМИ. Рассмотренные примеры показали, что в медиадискурсе широко используются различные типы метафор. Каждая из них выполняет определённую функцию – от наглядного представления и упрощения информации до формирования оценочного отношения и усиления эмоционального воздействия. При этом метафоры не являются нейтральными, поскольку задают определённую интерпретационную рамку, через которую аудитория воспринимает происходящие события.

Список литературы

1. Биткоин свалился в штопор, растеряв 25 % за три недели // The Moscow Times. – 21.11.2025. – URL: https://t.me/moscowtimes_ru/39954 (дата обращения: 23.03.2026).

2. В отрасли своего рода «идеальный шторм» // Коммерсантъ. – 25.12.2025. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/8317237 (дата обращения: 23.03.2026).

3. Доценко Е. Л. Психология манипуляции: феномены, механизмы и защита. – М.: ЧеРо; Изд-во МГУ, 1997. – 344 с.

4. Инвесторы ждут перемен // Коммерсантъ. – 22.05.2025. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/7712563 (дата обращения: 23.03.2026).

5. Кара-Мурза С. Г. Манипуляция сознанием. – М.: ЭКСМО-Пресс, 2001. – 450 с.

6. Крепче за баранку держись, шофер. За китайскую // МЭФ. Экономика для людей. – 19.02.2024. – URL: https://t.me/inforMEF/2810 (дата обращения: 23.03.2026).

7. Лакофф Дж., Джонсон М. Метафоры, которыми мы живем. – 2-е изд. – М.: Изд-во ЛКИ, 2014. – 256 с.

8. Люди – вторая нефть // Википедия: свободная энциклопедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Люди_–_вторая_нефть (дата обращения: 23.03.2026).

9. «Над пропастью не ржи» и другие цитаты Ксении Собчак // SRSLY.ru. – 10.09.2020. – URL: https://srsly.ru/article/show/4608/ (дата обращения: 23.03.2026).
10. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка: 80 000 слов и фразеологических выражений. – М.: АЗЪ, 1995. – 944 с.
11. Падение цен на нефть «иссушает» приток валюты в Россию? // MSK1.ru. – 31.12.2025. – URL: https://msk1.ru/text/economics/2025/12/31/76167353/ (дата обращения: 23.03.2026).
12. Пуля предназначалась Трампу, но попала в Байдена // Коммерсантъ. – 14.07.2024. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/6835114 (дата обращения: 23.03.2026).
13. Путин заявил, что Россия постепенно слезает с нефтегазовой иглы // РБК. – 16.06.2023. – URL: https://www.rbc.ru/economics/16/06/2023/648c52479a79471bfcf30615 (дата обращения: 23.03.2026).
14. С какими рисками столкнется экономика России в 2025 году // Forbes.ru. – 06.01.2025. – URL: https://www.forbes.ru/finansy/527689 (дата обращения: 23.03.2026).
15. Солганик Г. Я. О современной языковой ситуации // Стилистика сегодня и завтра: медиатекст в прагматическом, риторическом и лингвокультурологическом аспектах. – М.: МГУ, 2010. – С. 266.
16. Солганик Г. Я. О специфике газетно-публицистической метафоры и метафоризации // Журналистика и культура на переломе тысячелетий: материалы междунар. конф. – М.: РФК, 2002. – С. 96–100.
17. Стернин И. А. Основы речевого воздействия: учебное издание. – Воронеж: Истоки, 2012. – 178 с.
18. Телия В. Н. Метафора в языке и тексте. – М.: Наука, 1988.
19. Ушаков Д. Н. Толковый словарь современного русского языка: около 100 000 слов. – М.: Аделант, 2013. – 800 с.
20. Шелестюк Е. В. Речевое воздействие: онтология и методология исследования: монография. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Флинта; Наука, 2014. – 112 с.
21. Чудинов А. П. Политическая лингвистика. – М.: Флинта, 2006.
22. Чудинов А. П. Россия в метафорическом зеркале. – Екатеринбург: УрГПУ, 2001.
23. Чудинов А. П. Метафорическая мозаика в современной политической коммуникации. – Екатеринбург: УрГПУ, 2003.
24. Шмелёв Д. Н. Современный русский язык. Лексика. – М.: Просвещение, 2004.
25. Ярцева В. Н. Лингвистический энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. – URL: http://tapemark.narod.ru/les/001a.html (дата обращения: 23.03.2026).

Антонова А.А.
студент,
sashalapina1702@gmail.com
Научный руководитель: ***Волкова Т.А.***
к.фил.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ЖУРНАЛИСТИКА ВНУТРИ КОМПАНИИ: КАК ГОВОРИТЬ С СОТРУДНИКАМИ И ВНЕШНЕЙ АУДИТОРИЕЙ НА ЯЗЫКЕ КОРПОРАТИВНЫХ СМИ

Аннотация. В статье рассматривается, как современные компании выстраивают коммуникацию с внутренней и внешней аудиторией через корпоративные СМИ: на примере изданий энергетической отрасли («Энергичные люди» Росэнергоатома, «Сфера энергии» Газпром энерго, «Нефтяные вести» Татнефти, «Страна Росатом» Росатома и медиапроектов АО «Мособлгаз») анализируются каналы и принципы этой коммуникации. Подчеркивается, что

корпоративная журналистика – это самостоятельная профессиональная сфера, не сводимая к PR, поскольку ее ключевая задача не ограничивается управлением репутацией, и представляет собой полноценное информирование аудитории и диалог с ней. Особое внимание уделяется трехуровневой модели корпоративных медиа «Мособлгаза» (закрытый канал для сотрудников, открытый канал для абонентов, локальные каналы филиалов) как эффективному инструменту преодоления структурной разобщенности и построения доверительных отношений с аудиторией.

Ключевые слова: корпоративные СМИ; корпоративная журналистика; внутренние коммуникации; АО «Мособлгаз»; энергетическая отрасль; Telegram-каналы; диалог с аудиторией.

Корпоративные медиа уже давно стали неотъемлемой частью современного медиапространства. Зародившись как простые информационные листки для работников заводов в начале XX века, сегодня они трансформировались в сложные многоформатные структуры, включающие газеты, интернет-порталы, аккаунты в социальных сетях и мессенджерах. Вопрос, который в этой связи возникает: как именно крупные компании общаются со своими сотрудниками и внешней аудиторией через эти каналы? Какие форматы и принципы коммуникации оказываются наиболее эффективными?

В научной и профессиональной среде до сих пор распространено мнение, что корпоративные СМИ – это не более чем разновидность PR-инструментария, но, не вступая в полемику с этой точкой зрения, необходимо отметить, что корпоративная журналистика обладает собственной спецификой, и в отличие от PR, ориентированного на управление репутацией в интересах заказчика, корпоративная журналистика нацелена на информирование аудитории, соблюдение профессиональных стандартов (достоверность, сбалансированность, отделение фактов от мнений) и, главное, на диалог. Именно способность выстраивать двустороннюю коммуникацию отличает современные корпоративные медиа от традиционных «многотиражек», которые были рупором руководства и работали в режиме монолога несколько десятков лет назад.

Для анализа того, как эта коммуникация выстраивается на практике, был выбран сегмент корпоративных медиа топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Данный выбор не случаен и обусловлен совокупностью взаимосвязанных факторов, каждый из которых имеет принципиальное значение для целей настоящего исследования: во-первых, предприятия энергетической отрасли характеризуются высокой социальной значимостью, разветвленной территориальной структурой и многочисленным персоналом. Энергетика относится к числу базовых отраслей экономики, от стабильного функционирования которой зависит жизнеобеспечение миллионов людей, работа промышленности, транспорта и социальной инфраструктуры, и крупные энергетические компании, как правило, имеют филиальную сеть, охватывающую обширные географические территории, что создает объективную проблему «информационных силосов» – замкнутых коммуникационных пузырей в каждом отдельном подразделении. Многочисленный персонал (от нескольких тысяч до десятков тысяч сотрудников) требует выстроенной системы внутренних коммуникаций, способной оперативно и равномерно доставлять информацию до каждого работника независимо от его местоположения и должности.

Во-вторых, топливно-энергетический комплекс находится под пристальным вниманием как со стороны государства, так и со стороны широкой общественности. Энергетика – это сфера стратегического значения, поэтому деятельность компаний ТЭК регулируется на самом высоком уровне, а их отчетность, экологическая безопасность, тарифная политика и социальная ответственность становятся предметом регулярных общественных дискуссий, кроме того, такие сегменты отрасли, как атомная энергетика (Росэнергоатом, Росатом), вызывают повышенный интерес и, подчас, обеспокоенность со стороны населения, проживающего вблизи промышленных объектов. Это предъявляет особые требования к качеству коммуникации: корпоративные медиа должны разъяснять, снимать неопределенность, формировать доверие и обеспечивать прозрачность там, где любой неосторожный шаг может привести к репутационным потерям, поэтому изучение того, как ведущие компании отрасли справляются с этими вызовами, представляет несомненный научный и практический интерес.

В-третьих, непосредственный объект детального анализа в рамках настоящей статьи, АО «Мособлгаз», также относится к энергетической отрасли. Компания является крупнейшим газораспределительным оператором Московской области, обеспечивающим транспортировку газа до конечных потребителей, то есть населения, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также объектов социальной сферы. Таким образом, «Мособлгаз» разделяет все ключевые характеристики энергетических компаний: высокую социальную значимость (газоснабжение относится к числу критически важных услуг), разветвленную филиальную структуру (семь филиалов в разных территориальных зонах Подмосковья) и многочисленный персонал. Изучение коммуникационных практик ведущих отраслевых игроков («Росэнергоатома», «Газпром энерго», «Татнефти», «Росатома») создает необходимую эмпирическую базу и систему координат, в которой затем детально рассматривается медиаэкосистема «Мособлгаза».

Чтобы понять, как компании общаются с аудиторией сегодня, необходимо обратиться к истории формирования корпоративных коммуникаций в России. Корпоративные коммуникации в нашей стране формировались под определяющим влиянием советской модели многотиражных газет, которые выполняли не столько информационную, сколько идеологическую и мобилизационную функцию. Как отмечает Д.А. Мурзин, многотиражки стали продуктом вертикальной, авторитарной модели коммуникации, служив рупором партийно-хозяйственного руководства [3]. Это была коммуникация исключительно «сверху вниз», не предполагавшая ни обратной связи, ни тем более диалога между руководством предприятия и рядовыми сотрудниками. Заводская газета выступала не столько источником объективной информации о положении дел на предприятии, сколько инструментом агитации, разъяснения директив партии и правительства, мобилизации трудового коллектива на выполнение и перевыполнение производственных планов. Как подчеркивает А.Ю. Горчева, советская многотиражка была «рупором», а не «ушами»: она говорила с рабочими, но не слышала их [2].

В послевоенный период, особенно в 1950–1970-е годы, система заводских многотиражек получила повсеместное распространение и была институционализирована как обязательный атрибут любого крупного промышленного предприятия. Однако, несмотря на рост тиражей и периодичности, качественных изменений в характере коммуникации не происходило. Как справедливо замечает Ю.В. Чемякин, многотиражка оставалась «парадным фасадом» предприятия, на страницах которого публиковались преимущественно материалы о трудовых достижениях, передовиках производства, рационализаторах и изобретателях [7]. Проблемные вопросы – сбои в снабжении, нехватка материалов, неудовлетворительные условия труда, конфликты в коллективе либо замалчивались, либо освещались в критическом ключе лишь после соответствующего «сигнала сверху». Такая модель коммуникации, по определению Е.В. Лапиной, была «монологической» и не предполагала горизонтальных связей между сотрудниками разных цехов и подразделений [4].

Цифровая революция конца XX – начала XXI века кардинально изменила эту парадигму. Появление интернета, социальных сетей и мессенджеров привело к тому, что пассивный потребитель информации превратился в активного соавтора, а традиционные СМИ утратили монополию на производство и распространение контента. Как отмечает Г. Рейнгольд, автор концепции «умных толп», цифровые технологии создали принципиально новые возможности для горизонтальной коммуникации, самоорганизации и коллективного действия, которые были немыслимы в эпоху аналоговых СМИ. Аналогичные процессы затронули и корпоративный сектор: компании оказались перед необходимостью пересматривать свои коммуникационные стратегии, поскольку старые методы – одностороннее информирование через многотиражки и корпоративные телестудии – перестали работать. Сотрудники, привыкшие в повседневной жизни к интерактивности и диалогу, ожидали того же и от внутрикорпоративных каналов.

В ответ на эти изменения корпоративные медиа эволюционировали по нескольким ключевым направлениям. Во-первых, это дигитализация и мультиплатформенность: печатные издания обзавелись цифровыми версиями, сайтами, аккаунтами в социальных сетях и мессенджерах. Как отмечает Д.А. Докина, современные корпоративные СМИ стремятся присутствовать во всех каналах, где находится их аудитория, от традиционной газеты до Telegram-канала и корпоративного подкаста [5]. Во-вторых, это смена контент-стратегии: от

сухого отчета о производственных показателях к сторителлингу – рассказу историй, который эмоционально вовлекает аудиторию и формирует привязанность к бренду работодателя. В-третьих, и это самое важное, это переход от монолога к диалогу. Как показано в работах Е.В. Лапиной и Д.А. Докиной, корпоративные СМИ сегодня стремятся быть не «рупором», а платформой для диалога – площадкой, где сотрудники и руководство, компания и её абоненты могут обмениваться информацией, задавать вопросы, получать ответы и влиять на повестку.

Этот переход от монолога к диалогу имеет принципиальное значение. Как подчеркивает американский теоретик медиа Г. Дженкинс, современная медиасреда построена на принципах конвергенции и участия: аудитория больше не хочет быть пассивным получателем сообщений, она хочет соучаствовать, комментировать, распространять и создавать контент. Корпоративные медиа, игнорирующие эту потребность, обречены на низкую вовлеченность и, в конечном счете, на неэффективность. Напротив, те компании, которые выстраивают диалог с аудиторией, получают конкурентное преимущество: их сотрудники лучше информированы, более лояльны и мотивированы, а внешние стейкхолдеры больше доверяют компании.

Современное положение корпоративных коммуникаций можно охарактеризовать как переход от отдельных медиа к целостной медиаэкосистеме. Компании уже не ограничиваются выпуском одной газеты или одного сайта; они выстраивают систему взаимосвязанных каналов, каждый из которых выполняет свою функцию и ориентирован на свою аудиторную группу. Как показано в настоящем исследовании на примере АО «Мособлгаз», такая экосистема может включать закрытые каналы для внутренней коммуникации, открытые каналы для взаимодействия с внешней аудиторией и локальные каналы для сплочения команд на местах. Именно эта экосистемная логика, пришедшая на смену линейной модели «газета – читатель», и составляет суть современной корпоративной коммуникации.

Для выявления общих подходов к коммуникации были проанализированы четыре корпоративных издания ведущих компаний российского ТЭК: «Энергичные люди» (Росэнергоатом), «Сфера энергии» (Газпром энерго), «Нефтяные вести» (Татнефть) и «Страна Росатом» (Росатом).

«Энергичные люди» (АО «Росэнергоатом») издается с 2012 года тиражом 10 тысяч экземпляров один раз в две недели. Издание адресовано сотрудникам атомных станций, подрядным организациям и жителям, проживающим вблизи АЭС. Целевая аудитория осознанно расширена за пределы внутренней: компания стремится говорить не только со своими работниками, но и с местными сообществами, что особенно важно для атомной отрасли с её высокой степенью общественного внимания.

«Сфера энергии» (Газпром энерго) и «Нефтяные вести» (Татнефть) ориентированы в первую очередь на внутреннюю аудиторию – сотрудников компаний. Их ключевая задача – оперативное информирование о жизни предприятия, трансляция корпоративных ценностей и создание единого информационного поля для территориально распределенного персонала.

«Страна Росатом» – корпоративное издание, выходящее за рамки одной компании и охватывающее всю госкорпорацию «Росатом». Его особенность – сочетание внутренней и внешней коммуникации: издание адресовано как сотрудникам атомной отрасли, так и широкой общественности, формируя позитивный образ российской атомной энергетики.

Общая черта всех рассмотренных изданий – стремление к диалогу с аудиторией. Однако степень реализации этого стремления различна: от декларируемой обратной связи до конкретных механизмов взаимодействия с читателями.

АО «Мособлгаз» – газораспределительный оператор Московской области, реализующий программу газификации до 2030 года и президентский проект социальной газификации. Компания столкнулась с тремя ключевыми коммуникационными вызовами: организационная сложность (тысячи сотрудников, семь филиалов), географическая распределенность (риск «информационных силосов» – замкнутых информационных пузырей в каждом филиале) и необходимость сохранять корпоративную память (более 300 ветеранов труда).

В ответ на эти вызовы была выстроена трёхуровневая медиаэкосистема в Telegram – платформе, которая позволяет сочетать оперативность, интерактивность и сегментацию аудитории. Выбор Telegram в качестве базовой платформы обусловлен его характеристика-

ми: высокая скорость доставки сообщений, возможность создавать как открытые, так и закрытые каналы с различными уровнями доступа, удобная система обратной связи через комментарии и реакции, а также мультимедийный характер контента (текст, фото, видео, файлы, опросы). Кроме того, для сотрудников компании, многие из которых уже используют Telegram в личных целях, не требуется дополнительного обучения – платформа интуитивно понятна и не создает барьеров для входа.

Первый уровень: закрытый канал «Я знаю». Это внутренний канал для сотрудников, решающий задачи признания заслуг, обмена лучшими практиками и горизонтального обучения. Здесь публикуются новости о достижениях работников и подразделений, производственные кейсы, анонсы внутренних мероприятий. Важная особенность – закрытый статус канала, который создает безопасную среду для обсуждения рабочих вопросов без риска выноса информации вовне. Закрытость корпоративных каналов выполняет две ключевые функции: во-первых, она защищает конфиденциальную информацию от утечек, во-вторых, создает у сотрудников ощущение «своей территории», где можно высказываться более открыто, не опасаясь внешней публичности.

Второй уровень: открытый канал «АО «Мособлгаз». Этот канал ориентирован на внешнюю аудиторию – абонентов компании. Здесь публикуются сервисные напоминания (о необходимости технического обслуживания, о сроках поверки счетчиков), отчёты о работе (масштабах технического обслуживания, темпах газификации), разъяснения по безопасности пользования газом в быту. Канал работает как прямой канал коммуникации с потребителями услуг, снижая уровень неопределенности и повышая доверие к компании. Регулярность публикаций создает у абонентов привычку обращаться к каналу за актуальной информацией, что особенно важно в сфере ЖКХ, где традиционно высок уровень потребительского скепсиса. Кроме того, канал выполняет образовательную функцию: публикуются памятки по безопасному использованию газа, разъяснения новых нормативных требований, ответы на типичные вопросы абонентов, что снижает нагрузку на колл-центр и офисы обслуживания.

Третий уровень: локальные каналы семи филиалов. Каждый из семи филиалов «Мособлгаза» имеет собственный канал, ориентированный на сотрудников конкретного подразделения. Это позволяет учитывать локальную специфику, оперативно доводить информацию, актуальную для конкретной территории, и сплачивать команды на местах. Например, в канале филиала могут публиковаться новости о ремонтных работах на конкретном участке, изменениях в графике выездных бригад, локальные производственные победы. Локальные каналы решают проблему «информационной дистанции»: сотрудники периферийных подразделений часто чувствуют себя оторванными от головного офиса, и именно региональные каналы становятся для них основным источником релевантной информации.

Проект «Ветераны»: сохранение корпоративной памяти как способ коммуникации. Особого внимания заслуживает проект интервью с ветеранами труда, который реализуется в «Мособлгазе» на протяжении трёх лет и насчитывает более 70 материалов. Это не просто «парадные портреты» заслуженных работников, а подлинная устная история компании. Ветераны рассказывают о создании технологии полиэтиленовых труб (которая в 1990-е годы позволила компании выжить и сохранить темпы газификации), о стратегических решениях в кризисные периоды, о быте и нравах коллектива в разные десятилетия.

С коммуникационной точки зрения этот проект решает несколько задач. Во-первых, он передаёт корпоративные ценности не через абстрактные лозунги, а через живые истории авторитетных для молодых сотрудников людей. Во-вторых, он связывает поколения, создавая мост между ветеранами и молодёжью. В-третьих, он формирует организационную идентичность: сотрудник, знающий историю своей компании, воспринимает себя не просто наёмным работником, а частью продолжающейся традиции. Наконец, эти материалы публикуются и во внешних каналах, работая на репутацию компании как организации с историей и ценностями.

Принципиальным отличием современной корпоративной коммуникации от PR-модели прошлого является готовность говорить не только о победах, но и о проблемах, ошибках и рисках. В классической PR-парадигме, ориентированной на создание и поддержание исключительно позитивного имиджа, любая негативная информация подлежит сокрытию, минимизации или переформулированию в нейтральном ключе.

«Мособлгаз» в своей коммуникационной стратегии последовательно реализует противоположный подход – принцип открытости, который предполагает готовность публиковать в открытом канале полные данные о проверках газового оборудования, включая информацию о выявленных нарушениях. Например, в публичных отчётах компании указывается, что в 10 % проверенных квартир обнаружены неисправности газового оборудования или нарушения правил его эксплуатации со стороны абонентов. На первый взгляд, такая публикация может быть воспринята как репутационный риск: абонент, прочитавший, что у 10 % его соседей есть нарушения, может испугаться за собственную безопасность или разозлиться на компанию, которая не предотвратила эти нарушения. Однако на практике, как показывает анализ реакции аудитории, такой подход работает на долгосрочное доверие.

Почему это происходит? Во-первых, компания демонстрирует, что ей нечего скрывать. Отсутствие «тёмных пятен» в информационном поле воспринимается аудиторией как признак честности и добросовестности. Во-вторых, публикуя информацию о нарушениях, компания подчеркивает свою заинтересованность в безопасности абонентов – даже если для этого приходится говорить о неприятных фактах. Компания как бы говорит: «Мы не идеальны, мы видим проблемы, и мы над ними работаем». Это гораздо более убедительная позиция, чем попытка создать иллюзию полного благополучия, которая неизбежно разрушается при первом же столкновении с реальностью. В-третьих, такая открытость снимает с компании возможные обвинения в сокрытии информации: если нарушения зафиксированы, опубликованы и прокомментированы, у контролирующих органов и общественности нет оснований подозревать компанию в недобросовестности.

Важно отметить, что публикация цифр и фактов – это лишь первая часть стратегии. Вторая, не менее важная часть – это разъяснение причин нарушений и путей их устранения. В открытом канале «Мособлгаза» публикуются не только констатирующие сообщения («обнаружены нарушения»), но и пояснительные материалы: почему возникают типичные нарушения (например, абоненты не допускают газовиков для проверки оборудования, устанавливают несертифицированные приборы, игнорируют сроки поверки счётчиков), что делает компания для их предотвращения (информационные кампании, совместные рейды с МЧС), и что должен делать сам абонент для собственной безопасности. Таким образом, негативная информация не просто «отрабатывается», а становится поводом для образовательной коммуникации, которая повышает общую культуру безопасности и снижает вероятность повторения нарушений в будущем.

Таким образом, открытость в работе с негативной информацией – это не альтруизм и не дань моде на «прозрачность», а прагматичная коммуникационная стратегия, которая в долгосрочной перспективе приносит компании конкретные выгоды: доверие аудитории, снижение конфликтности, повышение лояльности и, как следствие, укрепление репутации. Опыт «Мособлгаза» показывает, что готовность говорить о проблемах не разрушает имидж, а, напротив, укрепляет его, поскольку современная аудитория устала от «парадных фасадов» и ценит честность даже тогда, когда она связана с неприятными фактами.

Помимо производственной и сервисной информации, «Мособлгаз» активно освещает социально-событийную повестку: волонтёрские акции, спортивные мероприятия, конкурсы профессионального мастерства, корпоративные праздники. Эта часть контента выполняет важную интегративную функцию. Во-первых, она создаёт неформальное пространство для общения между сотрудниками разных филиалов, которые в рабочей обстановке могут никогда не пересечься. Во-вторых, она гуманизирует образ работодателя: компания предстаёт не только как «машина по газификации», но и как сообщество живых людей со своими увлечениями и традициями. В-третьих, этот контент хорошо заходит во внешних каналах, показывая абонентам «человеческое лицо» газовой службы.

Проведённый анализ позволяет сделать несколько выводов о том, как современные компании выстраивают коммуникацию с аудиторией через корпоративные СМИ.

Во-первых, эффективная коммуникация сегодня строится на диалоге, а не на монологе. Компании, которые ограничиваются трансляцией «правильных» сообщений и не предоставляют аудитории возможности задавать вопросы, получать обратную связь и влиять на повестку, проигрывают тем, кто выстраивает двустороннюю коммуникацию. Во-вторых, успешная коммуникация требует сегментации аудитории. «Мособлгаз» демонстрирует это

на примере трёхуровневой модели: разные каналы для разных аудиторий (сотрудники, абоненты, локальные команды) с разным контентом и разной степенью открытости. В-третьих, доверие аудитории строится на прозрачности. Готовность публиковать не только позитивную, но и проблемную информацию, не уходить от острых вопросов, открыто говорить о нарушениях и рисках – это то, что отличает современную корпоративную коммуникацию от PR-модели. В-четвёртых, корпоративная память и история компании – важный ресурс коммуникации. Проект интервью с ветеранами «Мособлгаза» показывает, как прошлое компании может работать на её настоящее и будущее, формируя идентичность сотрудников и доверие внешней аудитории.

Дальнейшие перспективы исследования связаны с разработкой методик оценки эффективности корпоративных коммуникаций и сравнительным анализом практик в разных секторах экономики.

Список литературы

1. Агафонов Л.С. Корпоративная пресса: особенности функционирования, типологические характеристики и методика оценки эффективности: дис.... канд. филол. наук / Л.С. Агафонов. – М., 2008. – 187 с.
2. Горчева А.Ю. Корпоративная журналистика / А.Ю. Горчева. – М.: Вест-Консалтинг, 2008. – 220 с.
3. Мурзин Д.А. Феномен корпоративной прессы / Д.А. Мурзин. – М.: Хроникер, 2005. – 192 с.
4. Лапина Е.В. Внутрикорпоративная газета как инструмент связей с общественностью: автореф. дис.... канд. филол. наук / Е.В. Лапина. – Воронеж, 2004. – 23 с.
5. Докина Д.А. Корпоративные СМИ: понятие, функции, виды / Д.А. Докина // Наука и образование сегодня. – 2020. – № 6-2 (41). – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/korporativnye-smi-ponyatie-funktsii-vidy (дата обращения: 10.04.2026).
6. Кривоносов А.Д. Корпоративная пресса на Западе: история и типология / А.Д. Кривоносов // PR-диалог. – 2002. – № 3. – С. 71-72.
7. Чемякин Ю.В. Корпоративная пресса: определение понятия, типологические критерии, специфика функционирования / Ю.В. Чемякин // Известия Уральского федерального университета. Серия 1: Проблемы образования, науки и культуры. – 2013. – № 2 (113). – С. 86-93.
8. Jenkins H. Convergence Culture: Where Old and New Media Collide / H. Jenkins. – New York: New York University Press, 2006. – 308 p.

Иванова А.Е.
студент,
ggaeivnva@gmail.com
Научный руководитель: ***Волкова Т.А.***
к.фил.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ЖАНРОВАЯ СТРУКТУРА ПУБЛИКАЦИЙ О РОССИЙСКО-КИТАЙСКИХ ОТНОШЕНИЯХ В КАЧЕСТВЕННОЙ ПРЕССЕ

Аннотация. Статья посвящена анализу жанровой структуры публикаций о российско-китайских отношениях в качественной прессе обеих стран. Исследуется обращение к жанровой палитре информационных, аналитических и художественно-публицистических жанров, их эволюция и функциональные особенности. Выявлены различия в жанровых предпочтениях российских и китайских СМИ при освещении двустороннего стратегического партнерства.

Ключевые слова: российско-китайские отношения; жанровая структура; качественная пресса; медиадискурс; информационные жанры; аналитические жанры; стратегическое партнерство.

Изучение жанровой структуры публикаций о российско-китайских отношениях в качественной прессе представляет собой важное направление исследований медиадискурса двусторонних отношений. Ван П. в своей работе подчеркивает, что освещение российско-китайских отношений в СМИ КНР характеризуется специфическим набором жанровых форм, обусловленных как журналистскими традициями, так и особенностями восприятия двусторонних отношений [1]. Жанровая палитра материалов о российско-китайском сотрудничестве в качественной прессе обеих стран отражает стратегическую значимость данной темы и формирует представления аудитории о характере взаимодействия между государствами.

Качественная пресса обеих стран демонстрирует преобладание информационно-аналитических жанров при освещении двусторонних отношений. Л. Го Л. и Ц. Чжан, анализируя новостной дискурс авторитетного китайского издания «Жэньминь Жибао», отмечают, что информационные жанры составляют основу публикаций о России, при этом они отличаются высокой степенью официальности и ориентацией на трансляцию позиции государства [2]. Исследователи указывают на то, что жанровая структура публикаций в официальной китайской прессе тесно связана с политическими задачами медиа и отражает стратегический характер российско-китайских отношений.

В исторической ретроспективе жанровая структура публикаций претерпела существенные изменения. Ли Шуан подчеркивает, что на современном этапе российско-китайские отношения характеризуются беспрецедентным уровнем развития, что находит отражение в расширении жанрового спектра медиаматериалов [3]. Если ранее доминировали сугубо информационные жанры, то в последние годы наблюдается увеличение доли аналитических материалов, что свидетельствует о возросшей потребности аудитории в глубоком понимании сложных аспектов двустороннего взаимодействия.

Современное состояние жанровой структуры публикаций отражает новые реалии стратегического партнерства. Лю Янь анализирует новые стратегические дипломатические отношения между Китаем и Россией и отмечает, что они создают модель для великих держав, что требует от качественной прессы использования более сложных жанровых форм для адекватного представления многоуровневого сотрудничества [4]. Жанровая палитра современных публикаций включает не только традиционные новостные заметки и информационные корреспонденции, но и развернутые аналитические статьи, комментарии экспертов, проблемные очерки и интервью с ключевыми фигурами двустороннего диалога.

Специфика освещения российско-китайских отношений в российской прессе имеет свои жанровые особенности. Сюн Тяньхун исследует освещение отношений России и Китая в российской прессе и указывает на то, что российские качественные издания демонстрируют более высокую долю аналитических и публицистических жанров по сравнению с информационными [5]. Это связано с традициями российской журналистики, где аналитика и авторское мнение всегда занимали значительное место в структуре качественных изданий.

Информационные жанры в публикациях о российско-китайских отношениях выполняют функцию оперативного информирования аудитории о текущих событиях двустороннего взаимодействия. Чжан Чживэнь, исследуя освещение отношений России и Китая в китайской прессе, отмечает, что новостные заметки о визитах высокопоставленных лиц, подписании соглашений и проведении совместных мероприятий составляют значительную часть информационного потока [7]. Эти материалы характеризуются лаконичностью, фактологичностью и соблюдением принципа объективности, что особенно важно при освещении событий стратегического партнерства.

Эволюция взаимодействия СМИ двух стран существенно повлияла на жанровую структуру публикаций. Цзя Лежун, Д.Л. Стровский и А.Е. Сухорецкая анализируют взаимодействие Китая и России в сфере массовой информации и выявляют трансформацию от подхода «Россия как модель для подражания» до равного сотрудничества [6]. Этот переход отразился в жанровой структуре: если на начальных этапах преобладали материалы информационного

характера с элементами дидактики, то современный этап характеризуется балансом информационных и аналитических жанров, отражающих партнерский характер отношений.

Аналитические жанры в публикациях о российско-китайских отношениях играют ключевую роль в формировании глубокого понимания сути двустороннего взаимодействия. Чжао Юпэй, рассматривая российско-китайские отношения глазами китайских СМИ, подчеркивает, что аналитические статьи и обзоры позволяют аудитории оценить стратегическое значение партнерства, понять логику развития отношений и спрогнозировать перспективы сотрудничества [8]. В качественной прессе обеих стран аналитические материалы часто сопровождаются экспертными комментариями, статистическими данными и историческими параллелями, что повышает их информационную ценность.

Художественно-публицистические жанры, хотя и занимают меньшую долю в общей структуре публикаций, выполняют важную функцию эмоционального воздействия на аудиторию. Очерки о совместных проектах, эссе о культурном обмене и зарисовки о людях, связывающих две страны, создают живой образ российско-китайского партнерства и способствуют формированию позитивного восприятия двусторонних отношений. Эти жанры особенно востребованы в контексте освещения гуманитарного сотрудничества и культурных инициатив.

Жанровая структура публикаций в качественной прессе также отражает функциональные задачи СМИ. Ван П. указывает на то, что китайские СМИ при освещении российско-китайских отношений преследуют цель не только информирования, но и формирования общественного мнения относительно стратегической важности партнерства с Россией [1]. Это определяет преобладание жанров, сочетающих информационную насыщенность с элементами оценочности и прогнозирования. В российской прессе, согласно наблюдениям Сюн Тяньхуна, большее внимание уделяется критическому анализу и многоаспектному рассмотрению двусторонних отношений, что проявляется в разнообразии аналитических жанров [5].

Современная жанровая структура публикаций о российско-китайских отношениях в качественной прессе демонстрирует тенденцию к конвергенции жанров, когда в рамках одного материала сочетаются элементы различных жанровых форм. Информационная основа дополняется аналитическими вставками, а аналитические статьи включают фактологические блоки и экспертные оценки. Эта тенденция отражает современные требования к медиаконтенту, когда аудитория ожидает получить не просто информацию о событиях, но и их интерпретацию в более широком контексте двусторонних отношений.

Жанровая палитра публикаций также различается в зависимости от тематической направленности материалов. Публикации о политическом взаимодействии чаще реализуются в жанрах информационной корреспонденции и аналитической статьи, материалы об экономическом сотрудничестве тяготеют к жанрам обзора и комментария, а освещение культурного обмена использует преимущественно художественно-публицистические жанры. Л. Го и Ц. Чжан, анализируя дискурс «Жэньминь Жибао», отмечают, что жанровая дифференциация связана с необходимостью адаптации формы подачи материала к специфике содержания и ожиданиям целевой аудитории [2].

Перспективы развития жанровой структуры публикаций о российско-китайских отношениях связаны с общими трендами трансформации медиасреды. Цифровизация и конвергенция медиа создают условия для возникновения новых гибридных жанровых форм, сочетающих текстовый, визуальный и мультимедийный контент. Лю Янь подчеркивает, что углубление стратегического партнерства между Россией и Китаем требует от качественной прессы постоянного совершенствования форм подачи информации и расширения жанрового репертуара для адекватного отражения всего многообразия двусторонних связей [4]. Жанровая структура публикаций продолжает эволюционировать, отражая динамику российско-китайских отношений и изменяющиеся потребности медиааудитории в качественной информации о стратегическом партнерстве двух великих держав.

Таким образом, жанровая структура публикаций о российско-китайских отношениях в качественной прессе представляет собой сложную систему, отражающую не только журналистские традиции и профессиональные стандарты СМИ обеих стран, но и стратегическое значение двусторонних отношений. Согласно исследованиям Чжан Чживэня и Чжао Юпэя, наблюдается тенденция к увеличению доли аналитических и комплексных материалов, что свидетельствует о возрастающем интересе аудитории к глубокому пониманию российско-

китайского партнерства и его влияния на международные отношения [7, 8]. Дальнейшее развитие жанровой структуры будет определяться как общими трендами эволюции медиасферы, так и спецификой развития стратегического взаимодействия между Россией и Китаем, требующего от качественной прессы все более сложных и многоаспектных форм представления информации.

Список литературы

1. 2021. Ван П. Особенности освещения российско-китайских отношений в СМИ КНР // Инновации. Наука. Образование № 34. С. 2110-2126.
2. Го Л., Чжан Ц. Россия в официальной прессе Китая: новостной дискурс «Жэньминь Жибао» // Вопросы журналистики, педагогики, языкознания. 2022. № 41(2). С. 193-204.
3. Ли, Шуан. Российско-китайские отношения на современном этапе / Шуан Ли. // Молодой ученый. – 2016. – № 15 (119). – С. 355-357.
4. Лю Янь Новые стратегические дипломатические отношения между Китаем и Россией: модель для великих держав // Международные отношения. 2025. № 1. С. 57-72.
5. Сюн Тяньхун. Освещение отношений России и Китая в российской прессе // Теории и проблемы политических исследований. 2022. Том 11. № 5А. С. 5-14.
6. Цзя Лежун, Стровский Д.Л., Сухорецкая А.Е. Взаимодействие Китая и России в сфере массовой информации: от подхода "Россия как модель для подражания" до равного сотрудничества // Вестник Московского университета. 2020. № 2. С. 85-115.
7. Чжан Чживэнь. Освещение отношений России и Китая в китайской прессе // Теории и проблемы политических исследований. 2023. Том 12. № 3А-4А. С. 130-138.
8. Чжао, Юпэй. Российско-китайские отношения глазами китайских СМИ / Юпэй Чжао. // Молодой ученый. – 2024. – № 20 (519). – С. 465-467.

Власова В.В.
студент,
vasilisavlasova2@gmail.com
Научный руководитель: ***Хромов С.С.***
д.фил.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Москва, Россия

АКСИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ЛАНДШАФТА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КИМРЫ)

Аннотация. Статья посвящена аксиологическому анализу лингвистического ландшафта города Кимры. В условиях глобализации и унификации культурных кодов исследование локальной идентичности, запечатлённой в городских вывесках, указателях, рекламных щитах и объявлениях, приобретает особую актуальность. Работа выявляет и систематизирует ценностные ориентиры (аксиологические доминанты) жителей исторического города Центральной России на материале лингвистического ландшафта Кимр. Автор исходит из понимания городских текстов не как простых номинативных единиц, а как маркеров культурных смыслов, отражающих взаимодействие исторической памяти, экономических реалий и современных социокультурных трендов. В статье рассматривается, каким образом визуальное пространство города транслирует представления его жителей о значимом и престижном, а также выявляется специфика мировосприятия в контексте уникальной истории и архитектуры Кимр (русский стиль, обувной промысел). Результаты исследования вносят вклад в развитие региональной лингвокультурологии и лингвистики в области аксиологии.

Ключевые слова: аксиологический анализ, лингвистический ландшафт, аксиологические доминанты, локальная идентичность.

Интерес к изучению городского пространства как системы, отражающей систему ценностей его жителей, значительно возрос в современной гуманитарной науке. В условиях унификации культурных кодов и стандартизации лингвистической среды, характерных для эпохи глобализации, особую актуальность приобретает исследование локальной идентичности, запечатленной в «лингвистическом ландшафте» города. Лингвистический ландшафт, понимаемый как совокупность текстов городских вывесок, указателей, рекламных щитов и объявлений, перестает быть простым фоном повседневности и превращается в зеркало, в котором отражаются не только языковые предпочтения, но и глубинные морально-этические ценности (аксиологические доминанты) города.

Обращение к аксиологическому анализу лингвистического ландшафта провинциального города, которым являются Кимры, является неслучайным. Этот город, обладающий уникальной историей, самобытной архитектурой (прежде всего, связанной с «русским стилем» и периодом расцвета обувного промысла) и сложной судьбой в XX–XXI веках, дает богатый материал для наблюдений. Исследование позволяет понять, как историческая память, экономические реалии и современные социокультурные тренды взаимодействуют в визуальном пространстве города, формируя его неповторимый облик. В этом контексте аксиологический подход становится ключом к расшифровке того, что именно жители города считают значимым, престижным, ценным для трансляции вовне.

Данная работа представляет собой попытку выявить и систематизировать ценностные ориентиры в лингвистическом ландшафте Кимр. Мы рассматриваем городские вывески и надписи не просто как номинативные единицы, а как маркеры культурных смыслов и приоритетов, отражающих специфику мировосприятия в контексте малого исторического города Центральной России.

1.1. Лингвистический ландшафт города как объект междисциплинарного исследования

Изучение городского текста в современной лингвистике выходит за рамки простого описания языковых форм, все чаще обращаясь к вопросам взаимосвязи языка, культуры и социума. В данном параграфе мы ставим целью определить теоретическую базу исследования лингвистического ландшафта (далее – ЛЛ) города Кимры, рассмотрев его как пространство репрезентации ценностных ориентиров.

В центре нашего внимания находится понятие «лингвистический ландшафт», которое в современной науке трактуется как совокупность всех письменных текстов, существующих в визуальном поле города (вывески, дорожные указатели, названия учреждений, рекламные щиты, объявления, граффити). Вслед за основоположниками этого направления (Р. Ландри и Р. Буррис) мы понимаем ЛЛ не просто как набор номинаций, а как маркер языковой политики, этнической идентичности и социальной стратификации. Однако для целей нашего исследования более значимым представляется антропоцентрический подход, согласно которому городские надписи являются «зеркалом», отражающим картину мира горожан и их систему предпочтений.

Ключевым для нашей работы является понятие «аксиологические доминанты» (ценностные ориентиры). Как справедливо отмечает В.И. Карасик, язык не только называет явления, но и оценивает их, закрепляя в своем содержании иерархию смыслов, значимых для лингвокультурной общности. Применительно к городскому пространству, аксиологический подход позволяет увидеть за прагматической функцией вывески (информировать и привлекать клиента) ее глубинную семантику – трансляцию ценностей. Названия кафе, магазинов, парикмахерских и офисов становятся знаками престижа, уюта, стабильности, традиции или, напротив, инновации и глобализации.

Таким образом, сопряжение двух научных векторов – теории лингвистического ландшафта и аксиологической лингвистики – дает нам методологический ключ к анализу. Мы рассматриваем городскую среду Кимр как текст, а каждую вывеску – как высказывание, несущее информацию о ценностном выборе номинатора (владельца бизнеса, городской администрации или рядового жителя). В этом контексте анализ ЛЛ позволяет реконструировать фрагмент ценностной картины мира провинциального города, выявив, какие именно смыслы – историческая память, ориентация на Запад, семейственность, советское наследие или глобальные тренды – оказываются наиболее востребованными для трансляции в публичном пространстве на современном этапе.

1.2. Социокультурная и историческая характеристика города Кимры как фон для исследования

Для дальнейшего аксиологического анализа лингвистического ландшафта города Кимры необходимо погрузиться в его историю и контекст.

Город располагается на берегу реки Волга в 120 км от столицы. Начальный этап истории села Кимры связан с жалованной грамотой Ивана Грозного 1546 года, в которой оно фигурирует как уже сложившийся ремесленный центр. Анализ источников позволяет утверждать, что к обозначенному периоду местные жители приобрели репутацию искусных мастеров. Дальнейшее развитие промыслов прослеживается в документах 1635 года, свидетельствующих о становлении сапожного дела.

На протяжении длительного периода село выступало объектом феодального жалования, переходя от одного владельца к другому в качестве награды за государственные заслуги либо по праву наследования. Последней собственницей населенного пункта являлась графиня Юлия Павловна Самойлова. Ее имя в истории Кимр связано с событиями, коренным образом преобразившими уклад жизни местных крестьян.

Переломным моментом в истории села стал 1846 год, когда графиня приняла решение о продаже имения. Причиной послужило ее замужество с итальянцем Пери, что по законам того времени делало невозможным сохранение за ней прав на российскую недвижимость и графский титул. В сложившихся обстоятельствах инициативу проявили сами жители Кимр. Делегация местных сапожников, оценив перспективы, предложила выкупить село у графини. Назначенная цена в 495 000 рублей была чрезвычайно высокой для крестьян, однако они согласились на сделку, получив одобрение властей. Для оплаты в Государственном банке был взят кредит с рассрочкой на 37 лет. Напутствуя крестьян, министр государственных имуществ граф Киселев выразил надежду на добросовестное исполнение обязательств. Кимряки заверили его, что приложат все силы для возврата долга, и сдержали слово. Сумма в 1 млн рублей, включая проценты, была выплачена досрочно – за 20 лет вместо 37. Получив свободу, бывшие крепостные сумели эффективно распорядиться ею, за короткий срок превратив Кимры в крупнейший центр обувного промысла России.

Значительные объемы производства обуви способствовали формированию регулярных ярмарок, а продукция кимряков распространялась на обширных территориях России, что послужило основанием для закрепления за селом неофициального статуса “сапожной столицы”.

Высокое качество изделий подтверждается документально зафиксированным фактом заключения в 1708 году контракта между Военным ведомством и местными умельцами на пошив обмундирования для армии Петра I, включавшего тысячи пар обуви, кожаные мундиры и седла.

В рамках исследования лингвистического ландшафта города Кимры с точки зрения аксиологии, мы выявили следующие тенденции:

2.1.1. Отсылки к историческому прошлому города.

Отсылки к историческому прошлому города, которые репрезентируются через топонимику и мемориальные наименования, формируя позитивный образ места и транслируя ценности локальной идентичности, что особенно заметно в коммерческих наименованиях и городской навигации, ориентированных на туристический дискурс.

Приведем конкретные примеры:

- Кофейня “1909”

Кофейня расположена в доме купцов Лужиных, историческом здании в центре города, отсюда название – дата основания “Теремка”, как объект культурного наследия принято называть. Название цифровое, привлекает внимание и таким образом актуализирует историческую память через современные маркетинговые решения, что свидетельствует о востребованности локальной истории как значимой ценности в повседневной жизни горожан.

- Паспорт объекта “Дом А.С. Столярова”

Дом А.С. Столярова – объект культурного наследия в центре города Кимры. На данный момент находится на реставрации, управляющая компания представила стилизованный под дореволюционный стиль письма строительный план:

Алексей Степанович Столяров родился в селе Кимры 2 февраля 1866 года в семье сапожного фабриканта. Его отец, Степан Иванович Столяров, владел сапожной мастерской и вел крупную оптовую торговлю, поставляя товар в Москву, Петербург и на Макарьевскую ярмарку. Вершиной его деловой карьеры стало участие во Всемирной выставке в Лондоне (1862 г.), где его сапоги получили высокую оценку, а сам мастер был удостоен диплома, дающего право ставить на голенища особое клеймо.

Алексей Степанович не ограничился торговлей обувью. Он организовал в селе товарищество «Общая польза», которое снабжало местных сапожников упаковочными материалами: ящиками, рогожей, бумагой и гвоздями.

Позднее Столяров стал внештатным корреспондентом столичных изданий, и благодаря его статьям читатели газет и журналов узнавали о жизни «столицы сапожного царства» – от открытия памятника Александру II до новостей о Гостином дворе и публичной библиотеке.

Но главный вклад Столярова в историю – литературный. Он оставил потомкам уникальные очерки о быте и нравах родного села: «В царстве обуви», «Летопись событий села Кимры...», а также рукописи «Ушедшая Кимра», хранящиеся в краеведческом музее. Написанные живым, наблюдательным языком очевидца, эти работы представляют огромную историческую ценность.

Перу А.С. Столярова принадлежит и капитальный труд – «Адресная книга», включающая около трех тысяч наименований торговых фирм и мастерских по всей Российской империи. Венцом же его творчества стала книга «Село Кимры и его обитатели», изданная в 1899 году в типографии «Московского листка», которая и по сей день остается главным источником сведений о дореволюционной истории города.

В представленном выше информационном сообщении используется прием так называемой псевдокириллицы. Псевдокириллица (поддельная кириллица, псевдорусская, искусственная) – имитация букв кириллицы средствами латинского шрифта. Так, мы видим стилизованное написание слова “ПаспортЪ” и особый подбор шрифта.

- Обувной магазин (“Фабричная обувь. Башмачок”)

В данном примере мы видим прямое название, отсылающее на историческую специализацию города. Номинация интересна своей двухчастной структурой и обращением к историко-культурному коду города. Первый элемент («Фабричная обувь») выполняет информативную функцию, указывая на характер товара и отсылая к промышленному прошлому Кимр – города, традиционно специализировавшегося на обувном производстве. Второй компонент («Башмачок») репрезентует аксиологическую составляющую: уменьшительно-ласкательный суффикс (-ок-) придает наименованию эмоциональную окраску, отсылая к образу малой родины. Подкрепляет эту отсылку локализация объекта: вывеска размещена на историческом

здании, ранее принадлежавшем администрации обувной фабрики «Красная звезда», что создает эффект семиотического резонанса между неймингом, архитектурой и исторической памятью места. Выбор шрифтового решения (имитирующего советские образцы) также работает на поддержание заданной стилистики.

- Тематическая реклама (Лан Оптик)

Отдельного внимания в контексте взаимодействия глобальных и локальных маркеров заслуживает рекламная практика федеральной сети оптик «Лан Оптик». Данный пример демонстрирует осознанную стратегию бренда по интеграции в лингвокультурное пространство малого города посредством апелляции к локальной идентичности. Бренд использует архивное фото города и использует прием псевдокириллицы.

В своей наружной рекламе компания использует конструкцию «Село Кимры...», что представляет собой намеренное стилистическое заимствование из исторического дискурса. Как известно, Кимры имели неофициальный статус «сапожной столицы» и в дореволюционный период именовались селом (статус города был получен лишь в 1917 г.). Употребление данной номинации в рекламном сообщении выполняет несколько функций:

1. Идентификационная: отсылка к историческому прошлому города формирует у местного жителя ощущение, что рекламное сообщение адресовано лично ему («своему»), что повышает лояльность к бренду.

2. Аттрактивная: использование архаизированной формы «село» на фоне типовой городской застройки привлекает внимание, создавая эффект обманутого ожидания.

3. Культурная: бренд транслирует знание местной истории, тем самым легитимируя свое присутствие в городском пространстве.

Таким образом, федеральный рекламодатель отказывается от унифицированного шаблона в пользу локализованной коммуникации, встраивая коммерческое сообщение в аксиологическую матрицу города. Данный случай можно рассматривать как пример успешной семиотической адаптации глобального контента к локальному культурному код.

- Ресторан МодернЪ

Сходную стратегию стилизации демонстрирует название ресторана «МодернЪ», расположенного в историческом центре города. Ключевым маркером отсылки к дореволюционному прошлому здесь выступает графико-орфографический прием – использование буквы «еръ» (твердый знак) в конце слова, что соответствует нормам русской дореформенной орфографии, действовавшим до 1917–1918 годов. В современном коммерческом дискурсе данный графический архаизм устойчиво закрепился как символ традиции», «качества» и «статусности».

Особую значимость этому неймингу придает архитектурный контекст. Кимры известны в искусствоведческой литературе как уникальный центр так называемого «деревянного модерна» – самобытного направления в архитектуре рубежа XIX–XX веков, сочетающего стилистику европейского модерна с традициями русского деревянного зодчества и купеческой эклектики. Размещение ресторана с названием «МодернЪ» в центральной части города, где сосредоточены основные памятники этого стиля, создает эффект семиотического резонанса: вербальный знак вступает в диалог с визуально-пространственным кодом исторической застройки.

Лексема «модерн» семантически дублирует отсылку к рубежу XIX–XX веков – периоду экономического и архитектурного расцвета Кимр, когда формировался неповторимый облик купеческого села.

- Торговый двор Волгарь

Особого внимания в контексте актуализации исторической памяти заслуживает номинация «Волгарь», присвоенная современному торговому объекту. Примечательно, что здесь используется не типичная для коммерческой сферы лексема «магазин» или «центр», а архаизированное понятие «торговый двор», что отсылает к исторической топографии города.

Как известно, в дореволюционный период в Кимрах функционировали торговые ряды, а центральная часть села служила местом проведения ярмарок, игравших ключевую роль в экономической жизни обувной столицы. Использование словосочетания «торговый двор» в современном нейминге актуализирует эту традицию, позиционируя объект как преемника исторических ярмарочных пространств. Происходит семиотическое наслоение: современное коммерческое предприятие наследует функции и отчасти символический капитал дореволюционных торговых площадей.

Само название «Волгарь» также обладает выраженным локальным кодом. Оно образовано от гидронима Волга (географическая доминанта города) с помощью продуктивного суффикса -арь, который в русском языке традиционно обозначает лицо по отношению к месту или занятию («аптекарь», «вратарь»).

Таким образом, «Волгарь» может интерпретироваться как «человек с Волги», «житель волжского края». В контексте Кимр, раскинувшихся на волжских берегах, данная номинация выполняет идентифицирующую функцию, маркируя объект как «свой», принадлежащий местной культуре и ландшафту.

● Советское наследие (приемный пункт стеклотары “Бутылочка”)

Отдельный пласт в лингвистическом ландшафте города составляют номинации, отсылающие к советскому прошлому. Показательным примером выступает название приемного пункта стеклотары – «Бутылочка». Данный объект репрезентует целый комплекс культурно-исторических коннотаций, связанных с повседневными практиками советской эпохи.

Использование диминутива «бутылочка» вместо нейтрального «бутылка» или официального «стеклотара» выполняет несколько задач.

Во-первых, форма «бутылочка» звучит по-домашнему тепло. Это смягчает восприятие самого занятия – сдачи посуды, которое многие могут считать не слишком престижным. В результате обычный пункт приема стеклотары начинает восприниматься не как место сбора отходов, а как часть привычного, «своего» быта.

Во-вторых, такое название обращается к личной памяти людей. Для старшего поколения «бутылочка» – это не просто тара, а часть советского детства: лимонад, молоко в стеклянных бутылках, которые можно было сдать и получить небольшие деньги. Название вызывает теплые воспоминания, играет на ностальгии.

Примечательно, что сам пункт приема в настоящее время уже не функционирует, однако вывеска «Бутылочка» продолжает сохраняться на фасаде здания. В данном случае она утратила свою первоначальную информационную функцию (указание на действующую услугу) и трансформировалась в самостоятельный знак городской среды – своеобразный артефакт, фиксирующий уходящий пласт советской повседневности. Вывеска остается частью лингвистического ландшафта уже не как коммерческий указатель, а как элемент исторической памяти, материальное свидетельство недавнего прошлого города.

● Мимино

Отдельного рассмотрения в контексте лингвистического ландшафта города заслуживает название кафе «Мимино», сопровождающееся рекламным слоганом (“Хачапури ждет, хинкали ховет”). Данный объект демонстрирует сразу несколько приемов привлечения внимания, основанных на интертекстуальности и языковой игре.

Само название отсылает к известному советскому художественному фильму «Мимино» (реж. Г. Данелия, 1977), вошедшему в культурный код нескольких поколений. Апелляция к кинообразу выполняет функцию культурного маркера: название мгновенно узнаваемо, вызывает устойчивые ассоциации с добрым, немного ностальгическим рядом. Использование прецедентного имени собственного в нейминге заведения переносит позитивные коннотации с фильма на само кафе, формируя у потенциального посетителя изначально позитивный настрой.

Однако особый интерес представляет рекламный слоган, сопровождающий вывеску: «Хачапури ждет, хинкали зовет». Его текст построен на нескольких выразительных приемах.

1. Ритмическая организация и рифма. Слоган представляет собой рифмованную строку (ждет – зовет), что облегчает его запоминание и придает тексту игровой, почти стихотворный характер.

2. Грамматический параллелизм. Использование двух глаголов в форме третьего лица единственного числа («ждет», «зовет») создает симметричную конструкцию, усиливающую ритмический рисунок фразы и подчеркивающую смысловое равновесие между двумя блюдами.

3. Олицетворение. Приписывание неодушевленным предметам (хачапури, хинкали) человеческих действий (ждут, зовут) оживляет блюда, превращая их из просто пунктов меню в активных субъектов, которые буквально приглашают посетителя. Это создает эффект гостеприимства: кафе предстает не как безличное заведение, а как пространство, где сама еда встречает гостя.

Примечательно, что в слогане обыгрывается национальный колорит заведения (грузинская кухня), а рифмованная форма и олицетворение работают на создание образа уютного, «живого» места, куда хочется вернуться.

2.1.2. “Московские” названия

Отдельную группу в лингвистическом ландшафте Кимр составляют номинации, ориентированные на столичную топонимику и престижные московские бренды. Данный феномен можно охарактеризовать как лингвистическое подражание, вызванное стремлением местных предпринимателей повысить статус своих заведений за счет ассоциаций с Москвой как культурным и коммерческим центром.

- «ЦУМ»

Показательным примером выступает название магазина «ЦУМ», напрямую заимствующее аббревиатуру Центрального универсального магазина – одного из главных торговых символов столицы. Использование данной номинации в провинциальном городе создает смысловой перенос: престижность, качество и масштаб, ассоциирующиеся с московским ЦУМом, проецируются на местное торговое предприятие. Аббревиатура выполняет функцию «столичного маркера», возвышающего объект в глазах потребителей и выделяющего его среди типовых провинциальных наименований.

- «Арбат» и «Старый Арбат»

Еще более показательным примером служат названия «Арбат» и «Старый Арбат», встречающиеся в городском пространстве Кимр. Как известно, Арбат – одна из самых узнаваемых улиц Москвы, символ старой Москвы, пешеходный и туристический центр, обладающий богатым культурным ореолом. Перенесение этого имени в топонимику Кимр демонстрирует стремление «присвоить» частицу столичного престижа.

Особый интерес представляет вариативность: наличие как краткой формы «Арбат», так и уточненной – «Старый Арбат». Вторая номинация апеллирует уже не просто к месту, а к его историческому, «культурному» слою, вызывая ассоциации с уютными улочками, художественной атмосферой и туристической привлекательностью. Тем самым местный коммерческий объект позиционирует себя как нечто «не совсем провинциальное», причастное к столичной культуре и образу жизни.

В целом данная группа названий свидетельствует о существовании в провинциальном городском сознании устойчивого представления о Москве как об источнике престижных культурных и коммерческих смыслов. Лингвистическое подражание выступает здесь инструментом символического повышения статуса, а столичные топонимы выполняют функцию «культурных брендов», присваиваемых локальным пространством.

2.1.3. Локальные сокращения

Особый пласт в лингвистическом ландшафте Кимр составляют номинации, использующие местные варианты названий, бытующие в повседневной речи горожан. Данные языковые единицы интересны тем, что они фиксируют неофициальную топонимику и транслируют ее в коммерческую сферу, создавая эффект «своего», понятного и близкого местному жителю пространства.

- «Густо паб на Володарке»

Показательным примером выступает название «Густо паб на Володарке». Здесь используется неофициальный урбаноним «Володарка» – разговорное сокращение от названия улицы Володарского, широко распространенное в речи местных жителей. Включение этого варианта в коммерческое наименование выполняет идентифицирующую функцию: заведение маркирует себя как «свое», ориентированное на местного жителя, который свободно ориентируется в неофициальной топонимике города. Одновременно с этим достигается эффект смысловой конкретизации – потенциальный посетитель сразу понимает не только специализацию заведения («паб»), но и его точную локацию в привычных для него координатах.

Интересен и рекламный слоган заведения: “Сейчас самое время покушать”.

Особого внимания заслуживает употребление в коммерческих названиях и слоганах формы «покушать» (например, в концепции заведений, позиционирующих себя как «милые», «домашние»). Стилистически данная форма является проблемной: глагол «кушать» в русском языке имеет ограниченное употребление. Согласно литературной норме, он уместен преимущественно:

при обращении к детям («кушай, пожалуйста»);

в формах 2-го и 3-го лица как знак вежливости («вы будете кушать?», «он не кушает мяса»);

В 1-м лице единственного числа («я кушаю») употребление считается просторечным или манерным, особенно вне контекста общения с детьми.

Использование инфинитива «покушать» в вывесках и рекламных текстах («зайдите покушать», «вкусно покушать») часто воспринимается как излишнее «смягчение», попытка придать заведению «милый», уютный образ. Однако с точки зрения языковой нормы такая форма несет оттенок просторечия или стилистической неловкости.

● «Салон красоты на Театральной»

Сходный принцип демонстрирует название «Салон красоты на Театральной». В данном случае используется усеченная форма топонима – прилагательное «Театральная» без уточняющего существительного «улица». Такое употребление имитирует живую разговорную речь, в которой полное официальное наименование («улица Театральная») практически не используется, заменяясь краткой формой. Название работает на узнавание и создает эффект естественного, «нерекламного» присутствия в городской среде.

● «Пивная на Большой»

Аналогичным образом построено наименование «Пивная на Большой». Здесь также используется разговорное сокращение от названия одной из центральных улиц города – Большой (вероятно, улицы Большой, либо части исторической топонимии). Краткая форма «на Большой» является общеупотребительной в местной речи, и ее использование в коммерческой номинации делает название максимально прозрачным для местного жителя. Простота и узнаваемость становятся здесь главным коммуникативным ресурсом.

2.1.4. Мемориальные доски и таблички

● Мемориальная табличка О.Э. Мандельштама

В языковом ландшафте г. Кимры особый интерес представляет мемориальная табличка, установленная в честь поэта О. Э. Мандельштама, который в 1937 году проживал в данном городе. Прецедентный текст таблички включает цитирование фрагмента стихотворения: «Я уменьшаюсь там, меня уж не заметят / Но в книгах ласковых и в играх детворы / Воскресну я сказать, что солнце светит». С лингвистической точки зрения значимым является дейктическое наречие «там», которое в контексте мемориального дискурса отсылает к пространству города Кимры, актуализируя биографическую связь поэта с этой локацией. Глаголы будущего времени («воскресну», «сказать») и модальность утверждения («солнце светит») формируют семантику преодоления забвения, что типично для жанра мемориальных надписей, но здесь приобретает дополнительную глубину за счёт документально зафиксированного факта пребывания Мандельштама именно в Кимрах. Таким образом, анализируемая табличка представляет собой сложный интертекстуальный знак, объединяющий поэтическое высказывание, биографический нарратив и топографическую привязку к конкретному месту города. Кроме того, на табличке зафиксировано указание на переименование городской площади, ранее носившей номенклатурное наименование «Октябрьская».

● Мемориальная табличка А.А. Фадееву

В языковом ландшафте г. Кимры присутствует мемориальная табличка, фиксирующая факт рождения советского писателя А. А. Фадеева (24 декабря 1901 г.) в бывшем селе Кимры. Текст таблички относится к официально-мемориальному дискурсу советского периода и обладает рядом характерных черт. В качестве ключевых идеологем выступают эпитет «выдающийся советский писатель» и предикация авторства романов «Разгром» и «Молодая гвардия». Указание на «бывшее село» выполняет функцию историко-топонимического маркера, подчёркивающего статусную трансформацию населённого пункта (из села в город)

● Мемориальная табличка М.И. Калинину

Показательным примером репрезентации советского идеологического наследия в языковом ландшафте г. Кимры является мемориальная табличка, закреплённая на месте спортивного поля и фиксирующая факт выступления М. И. Калинина на митинге трудящихся в сентябре 1919 г., а также хронологически более раннюю революционную традицию данной локации (собрания и «массовки» с 1905 г.). Текст таблички выполнен в официальном (институциональном) стиле, характерными признаками которого выступают: документальная хронологическая точность («в сентябре 1919 г.»), номенклатурная лексема «трудящиеся» (в зна-

чении «рабочие и служащие как социально-политическая категория»), использование устойчивого клишированного оборота «выступил с речью» вместо нейтрального «сказал» или «говорил». Особого внимания заслуживает лексема «массовки». Данное слово принадлежит к революционно-советскому политическому дискурсу и обозначает неформальные сходки или собрания рабочих, направленные на координацию протестных действий.

● Вымощенные на плитке таблички

Особый интерес в контексте аксиологического анализа лингвистического ландшафта представляют малые жанровые формы, интегрированные в городскую среду. На центральных улицах Кимр, у исторических зданий и памятников архитектуры, установлены специальные информационные таблички, содержащие названия объектов и их краткое описание. Однако уникальность данного проекта заключается не только в содержании, но и в форме презентации: таблички вмонтированы непосредственно в тротуарное покрытие, что создает эффект «врастания» информации в физическое пространство города и буквально помещает историю «под ноги» прохожему.

Помимо сугубо справочной информации (названия зданий, датировки, архитектурные стили), на многих табличках размещены цитаты, отсылающие к литературной классике, местному фольклору и творчеству региональных авторов. Данный прием можно квалифицировать как семиотическое наслоение, при котором архитектурный объект обретает не только визуальную, но и вербально-культурную репрезентацию.

В ходе исследования были выявлены следующие типы цитирования:

● Цитаты из русской классической литературы.

На одной из табличек размещен фрагмент из поэмы Н.А. Некрасова «Кому на Руси жить хорошо»:

«Пошли по лавкам странники:
Любуются платочками,
Ивановскими ситцами,
Шлеями, новой обувью,
Издельем кимряков».

Данная цитата выполняет несколько функций. Во-первых, она документально фиксирует историческую специализацию Кимр как центра обувного промысла, упоминая «изделье кимряков» в контексте ярмарочной торговли. Во-вторых, включение некрасовского текста в уличную табличку легитимирует локальную историю через обращение к «большой» литературе, придает ей статус общекультурного достояния. В-третьих, сам выбор классического источника транслирует ценность образованности, культурной преемственности и уважения к литературному наследию.

● Цитаты из произведений местных современных авторов.

Также “под ногами” в Кимрах можно встретить строки современных авторов, посвященные городу. Например, стихотворение Ксении Григорович:

Городок мастеров и гусарских баллад,
Пахнет медом и хромовой кожею,
Ведь не зря наречен он три века назад
Главным городом царства сапожного."

● Пословицы и поговорки, отражающие локальную специфику.

Особого внимания заслуживает паремиологическая единица: *«Кимряк из глины сапоги слепит»*. Данная пословица представляет собой яркий пример локального фольклорного дискурса. В гиперболизированной форме она отражает представление о виртуозном мастерстве кимрских сапожников, способных создать обувь буквально из ничего (из глины – материала, заведомо непригодного для обувного производства). С точки зрения аксиологии, эта паремия транслирует ценности мастерства, трудовой гордости, изобретательности и профессиональной чести. Включение подобных фольклорных текстов в городское пространство выполняет функцию трансляции традиционных ремесленных ценностей новым поколениям и гостям города.

Сам способ размещения табличек (вмонтирование в тротуар) также обладает семиотической нагрузкой. Информация, встроенная в покрытие, по которому ежедневно ходят горожане и туристы, становится частью повседневного опыта, а не музейного, дистанцированно-

го восприятия. Человек буквально «проходит по истории», что создает эффект тактильной и пространственной сопричастности.

2.1.5. Названия производств

Особый пласт в лингвистическом ландшафте Кимр составляют номинации градообразующих и исторических предприятий. Анализ производственной сферы позволяет выявить несколько стратегий наименования: от астрономических метафор и мифологических отсылок до прямых функциональных номинаций и советского наследия.

- «Алькор»

Показательным примером претензии на высокий технологический статус выступает название предприятия «Алькор» – крупнейшего в России производителя синтетических алмазов, разместившего производство в инновационно-промышленном парке «Савеловский». Номинация имеет двойную семантику. С одной стороны, «Алькор» (от лат. Alcor) – звезда в созвездии Большой Медведицы (80 UMa), расположенная вблизи значительно более яркого Мицара (второй звезды от конца ручки большого «ковша»). Выбор астронима для наименования предприятия, занимающегося выращиванием искусственных кристаллов, не случаен: он актуализирует семантику «твердости», «вечности», «небесной природы», что коррелирует с самим продуктом – алмазами. С другой стороны, в самом названии «Алькор» имплицитно присутствует корень, отсылающий к алмазам. Предприятие инвестирует в развитие производства свыше 2,7 млрд рублей и специализируется на синтезе монокристаллов алмаза, применяемых в электронике, медицине и оборонной промышленности. Астроним в данном случае выполняет функцию символического маркера уникальности и технологического лидерства.

- «Никс»

Иная стратегия прослеживается в названии «Никс». Данная номинация обладает многозначной семантикой, что создает эффект смысловой глубины. Во-первых, Никс – река в России, приток Тёши, что отсылает к местной гидронимике и укореняет предприятие в региональном ландшафте. Во-вторых, в древнегреческой мифологии Никс (Νύξ, Nyx) – богиня ночи, мать Харона, одна из первичных мирообразующих потенций, родившаяся из Хаоса. Отсылка к архаическому божеству придает названию эпический, почти сакральный оттенок, актуализируя семантику тайны, первозданности и мощи. В-третьих, «Никс» может использоваться и как мужское имя. Таким образом, в одной номинации смыкаются локальный (река), мифологический (богиня) и антропонимический коды, что делает название емким и культурно насыщенным.

- «Лепесток»

Уникальным в лингвистическом и историческом плане является название «Лепесток», принадлежащее единственному в России производителю респираторов для защиты от радиации. Само название мотивировано формой изделия: респиратор ШБ-1 «Лепесток» складывается особым образом, напоминая по форме лепесток. Однако семантика номинации выходит далеко за пределы простой метафоры. «Лепесток» – это слово с выраженной диминутивной окраской, что создает контраст между нежной, «растительной» формой и суровым функциональным назначением изделия (защита от радиоактивных веществ). Особую значимость этому названию придает исторический контекст: в 1986 году предприятие поставило около 3 миллионов респираторов «Лепесток» для ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС, работая в три смены. Таким образом, номинация «Лепесток» обрела в массовом сознании трагические и героические коннотации, став символом защиты жизни в экстремальных условиях.

- Швейная фабрика имени Горького

Примером советского наследия в лингвистическом ландшафте выступает старейшее предприятие города – швейная фабрика имени Горького, ведущая свою летопись с 20 сентября 1925 года, когда была образована 1-я Кимрская кооперативно-промысловая артель портных. В 1933 году она была переименована в Кимрскую артель швейников им. Максима Горького. Мемориальная номинация (присвоение имени писателя) – характерный для советской эпохи прием, призванный закрепить идеологическую значимость предприятия. В годы Великой Отечественной войны фабрика шила обмундирование для фронта (шинели, бушлаты, телогрейки), а в послевоенный период стала ведущим производителем средств индивидуальной защиты. Сохранение исторического названия в постсоветский период свидетельствует о преемственности традиций и ценности исторической памяти для коллектива.

● «Каменный век»

Противоположную стратегию демонстрирует название завода по производству химических волокон «Каменный век». Предприятие специализируется на выпуске сверхпрочных материалов из базальтового волокна. Номинация апеллирует к архаике, к глубочайшей временной перспективе: каменный век – древнейший период человеческой истории. Однако в контексте высокотехнологичного производства возникает смысловой парадокс: «каменный век» (базальт, камень) противопоставляется «современности» (инновационные композитные материалы). Это создает запоминающийся контраст, обыгрывающий природное происхождение сырья и его технологическую обработку. Название актуализирует семантику древности, прочности, надежности, что соответствует свойствам выпускаемой продукции.

● «Красная звезда»

Завершает обзор производственных номинаций обувная фабрика «Красная звезда» – еще один яркий пример советского наследия. Кимры исторически были известны как «столица сапожного царства»: кимрские сапожники снабжали обувью регулярную армию при Петре I, выполняли стратегические заказы в годы Гражданской и Великой Отечественной войн. Фабрика «Красная звезда» стала правопреемницей этих традиций в советский период. Само название отсылает к советской символике: красная звезда – геральдический знак Красной армии, символ защиты и обороноспособности. Номинация актуализирует связь обувного производства с военно-промышленным комплексом и сохраняет память о советском периоде истории города.

2.1.6. “Особые” ценности

Поскольку настоящее исследование посвящено аксиологическому анализу лингвистического ландшафта, представляется целесообразным включить в рассмотрение не только коммерческие номинации, но и элементы социальной рекламы, транслирующие определенные ценностные установки. Показательным примером выступает социальная акция, реализованная компанией «Транспорт Верхневолжья» в общественном транспорте города Кимры.

В рамках данной инициативы на каждом маршруте появились таблички, информирующие пассажиров о необходимости уступать места беременным женщинам. Традиционно в общественном транспорте для обозначения этой категории пассажиров используются прямые номинации: «места для беременных», «пассажиры с детьми» либо изображения с соответствующими силуэтами. Однако в данном случае организаторы применили принципиально иную лингвистическую стратегию.

Лингвистическая манипуляция в социальной рекламе. Вместо ожидаемой прямой формулировки на табличках размещена конструкция: «Вы уступили место важному пассажиру». Данный прием можно квалифицировать как лингвистическую манипуляцию, основанную на семантическом сдвиге – замене прямого обозначения категории (беременная женщина) на оценочное понятие («важный пассажир»).

Слово «важный» несет позитивную коннотацию, возвышая того, кому уступают место, и одновременно создавая у того, кто уступает, ощущение причастности к «важному» действию. Беременная женщина перекодируется из категории «нуждающейся в помощи» в категорию «значимой персоны», что психологически меняет восприятие самой ситуации.

Как отмечается в исследованиях дискурса социальной рекламы, подобные коммуникативные стратегии направлены на создание определенного отношения к общественным явлениям и формирование моделей социально приемлемого поведения. В данном случае мы наблюдаем отказ от стратегии долженствования («вы обязаны уступить место беременным») в пользу стратегии позитивного подкрепления («вы уступили место важному пассажиру»). Грамматически эта конструкция оформлена как свершившийся факт (форма прошедшего времени совершенного вида – «уступили»), что создает эффект уже совершенного правильного поступка и программирует пассажира на его повторение.

Данный пример демонстрирует, как средствами лингвистического переформулирования (замены лексемы) можно добиться изменения поведенческих установок горожан, что полностью соответствует пониманию социальной рекламы как инструмента влияния на общественное мнение и формирования социально приемлемых моделей поведения.

Таким образом, локальная идентичность в лингвистическом ландшафте Кимр присутствует и имеет свои устойчивые зоны репрезентации, сохраняя связь с историческим и культурным прошлым города.

Список литературы

1. Ремчукова Е. Н. Актуальные направления современной русистики: сфера городской номинации как объект лингвистики креатива // Национальный агрегатор открытых репозиториев российских университетов (НОРА). – 2021. – URL: https://mggu-sh.ru/sites/default/files/prog_xiii_kongr_mapryal_web.pdf?ysclid=mqs110rq6f208836833.
2. Ремчукова Е. Н. Лексико-грамматические механизмы лингвокреативности в сфере городской номинации // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Теория языка. Семиотика. Семантика. – 2015. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/leksiko-grammaticheskie-mehanizmy-lingvokreativnosti-v-sfere-gorodskoy-nominatsii?ysclid=mqs13yspx0434352165.
3. Голикова Т. А. Методология лингволандшафтных исследований в России: аналитико-тематический обзор // Вестник Российского нового университета. – Москва: АНО ВО «Российский новый университет», 2020. – № 3. – С. 12–19.
4. Столяров А. С. Село Кимры и его обитатели. – Кимры: [б. и.], 1993. – 120 с.
5. Кудинов Н. С. Летопись города Кимры. – Кимры: Кимрская городская типография, 2001. – 200 с.
6. Крюкова Г. И. Кимры: путеводитель. – Москва: АСТ-Пресс, 2012. – 95 с.
7. Кирилина А. В. Языковой ландшафт города как новый метод описания повседневности языка и общества // Языковое бытие человека и этноса: сборник научных трудов. – Москва: ИЯ РАН, 2017. – Вып. 22. – С. 88–96.

Плукчий М.А.
студент,
Научный руководитель: ***Мжельская Е.Л.***
к.фил.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

СПЕЦИФИКА РЕДАКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ АВТОРСКИХ ТЕКСТОВ ДЛЯ ЗАКАЗНЫХ ИЗДАНИЙ

Аннотация. В статье анализируется современное понимание термина «заказное издание», уточняя роль издательства и автора-заказчика в этом процессе. Особое внимание уделяется этапу создания текста, в том числе роли райтера, проведению интервью и последующей обработке материала. Статья также освещает важные критерии планирования издания и их влияние на работу редакции.

Ключевые слова: заказные издания, автор-заказчик, райтер, Альпина ПРО, критерии планирования.

По определению Мильчина А. Э., данному в «Издательском словаре-справочнике», заказным изданием является «издание, которое изд-во выпускает по заказу к.-л. организации, предприятия, учреждения, оплачивающего расходы на подготовку и производство этого издания и заботящегося о распространении его тиража» [3]. В современной издательской практике данное понятие не дает полного представления о всем спектре подготовки такой продукции. Если попробовать расширить определение, то можно сказать, что заказное издание – это услуга, которую издательство оказывает автору-заказчику с целью создания и распространения издания по индивидуальному запросу с обязательным финансированием со стороны автора.

Чаще всего заказчиком такого типа изданий выступает организация, желающая создать корпоративную книгу или брендбук, поскольку производство имеет свою, не самую низкую цену. Однако бывают ситуации, когда в роли заказчика оказывается один человек с уникаль-

ной идеей, которую он хочет воплотить в жизнь. От вида заказчика зависит и суть издания. Организация захочет рассказать про свои ценности, удачные кейсы, историю и ключевых представителей компании, возможно, даже создать издание для детей сотрудников к какому-нибудь празднику. У такого заказчика ограничена тема и стиль исполнения издания. В то время как отдельный автор-заказчик свободен в своем желании изложить важные для себя вещи в формате, который он считает нужным.

Для издательства важно в заказных проектах четко обозначить свою зону ответственности. Предполагается, что такие издания полностью профинансированы со стороны заказчика и реализованы во всех аспектах самим издательством, однако на практике заказчик и издательство могут поделить между собой финансирование проекта, поэтому значимым этапом производства издания является изначальное согласование обязательств обеих сторон. Главное, что необходимо понять издательству – выйдет ли книга в рынок. От этого зависит количество и качество проводимых работ.

Однако существует одна обязательная стадия, без которой издание не сможет реализоваться, – это написание текста.

Таблица

Основные критерии планирования издания и их влияние на работу редакции

Критерии	Влияние
1. Выход на рынок	Если книга выходит на рынок, то издательству более важно, какого качества будет текст и оформление, поскольку это напрямую повлияет на репутацию бренда. Следовательно работ и затрат со стороны редакции будет больше.
	Если издание не выходит на рынок и печатается одним ограниченным тиражом, то издательство может потратить меньше ресурсов на создание издания и опереться полностью на мнение и желание заказчика. Больше клиентоориентированности.
2. Тип автора-заказчика	Если автором-заказчиком выступает организация, то, скорее всего, у издания будет ограничена тема написания книги и строго подобраны критерии для внешнего оформления, чтобы книга органично вписывалась в концепцию самой организации и на достойном уровне представляла ее идеалы.
	Если автором-заказчиком является один человек (физ. лицо, как правило), то выбор темы может быть неограниченным, как и варианты оформления. Здесь возможны множественные итерации и разноплановый подход к созданию книги в целом (меньше критериев, больше возможности для творчества).
3. Финансирование	Если финансирование полное, то издательство больше зависит от заказчика и ключевой целью ставит удовлетворение его запросов. В таком случае издательство проводит полный комплекс подготовки издания и распределяет бюджет внутри подразделений в соответствии с необходимыми задачами.
	Если финансирование частичное, то издательство имеет больше свободы в реализуемом проекте, что позволяет при необходимости несущественно переносить даты создания издания и вносить больше корректировок при его осуществлении. Частичное финансирование как правило может осуществляться либо оплатой со стороны издательства полиграфического процесса, либо оплатой отдельных редакционных работ.

Главная задача заказного издания заключается в том, что издательство должно помочь автору-заказчику создать текст. Для решения данного вопроса нанимается райтер. Понятие райтера распространено в сфере издательского дела и журналистики: «Райтер – это специалист, пишущий уникальные тексты развлекательного, информационного или прикладного характера. Его задача – создать интересный для читателя контент, который не просто «заполняет место» на сайте, а решает конкретные бизнес-задачи: удерживает внимание, форми-

рует доверие, ведет к действию» [4]. Перед заключением договора заказчик может отдельно пообщаться с райтером и посмотреть примеры его работ, чтобы выбрать специалиста, с которым не только получится хороший текст, но и будет приятной работа. Текст для составления издания райтер собирает исходя из проводимых интервью (отдельная и особо значимая работа, осуществляемая райтером до начала работы над самим текстом – это составление плана планируемых интервью и подготовка списка вопросов для каждого участника), поэтому максимально важно, чтобы между стороной заказчика и райтером установилось доверие и контакт, ведь в таком случае интервью получатся интересными, полными материала и желания поделиться чем-то личным. После выбора райтера, с ним подписывается договор, в котором прописываются сроки сдачи авторского оригинала редакции. Райтер и заказчик договариваются на собеседования, которые сейчас все чаще проходят в онлайн-формате. В обязанности специалиста входят: подготовка к интервью, проведение живого диалога с интервьюируемым, запись основных моментов и дополнительных вопросов в процессе интервью, переработка полученного текста под стандарты и требования издательства. Проводя интервью онлайн, многие райтеры пользуются функциями записи и последующей расшифровки текста, которые помогают значительно сократить время технической обработки. После проведения всех интервью специалист принимается за обработку текста, это очень творческая и вместе с тем кропотливая работа, поскольку ему нужно собрать текст, который стилистически и функционально будет соответствовать запросу автора-заказчика. Помимо этого, необходимо перевести текст в единый формат повествования и логически верно разместить всю имеющуюся информацию. Как правило процесс подготовки такого авторского оригинала занимает не меньше одного-двух месяцев, а в некоторых случаях и больше. В течение этого времени райтер может снова обратиться к отдельным лицам со стороны автора-заказчика, чтобы составить рукопись, подходящую под требования ГОСТа 7.89-2005 (описывающего формат, носители, необходимые страницы и т.д.) и положения, прописанные во внутренних документах самого издательства [2].

Рассмотрим, конкретные примеры производства заказных изданий на примере трех разноплановых проектов издательства Альпина ПРО, которое специализируется на выпуске книг такого типа [1].

«Преломление металла. Почему лом – ценный ресурс для будущего?» – заказчиком этой книги выступила Сибирская горно-металлургическая компания (СГМК). Изначально у компании не было ни текста, ни представления о том, какой книга должна быть, даже по структуре. Однако у них была идея популяризировать металлургическую промышленность и показать, что работа в этой сфере не является такой, какой ее привыкли считать. Следовательно, эта книга должна была быть массовой по целевому назначению, и простая история бизнеса не смогла бы справиться с этой задачей. Сначала выпускающий редактор подробно обсудила с представителями СГМК концепцию издания. Было принято решение написать книгу об истории металлургии, ее эволюции и тому, как эта сфера функционирует в современных реалиях. После этого был подобран райтер, которым выступил Георгий Гупало, имеющий историческое образование. Он написал текст, который получился интересным, но сильно уходящим в исторический аспект, из-за чего текст пришлось переписывать. Во второй раз все сложилось удачно, был найден общий язык, и рукопись отправилась на следующую стадию.

«ЭНГС. 15 лет вместе. Историю делают люди» – книга уже несколько иного формата, поскольку это юбилейное подарочное издание, которое не предполагало продажу в рынок. ЭНГС – это российская буровая компания, отмечавшая в 2024 году пятнадцатилетие. Для этого издания важно было показать непосредственно историю самой компании и сотрудников, показать, как за эти годы компания превратилась в одну из ведущих в своей сфере. Для такой работы был нанят райтер, который провел серию интервью с главными представителями компании, после чего собрали все тексты в последовательную историю создания и развития компании. Особенностью реализации данного издания являлись сроки производства книги, мнение людей относительно одних и тех же понятий менялось, поэтому особо долгим процессом был сбор согласий на публикацию.

Совсем иным примером выступает книга Вячеслава Таранова **«Краткая энциклопедия болезней бизнеса: Диагностика и методы лечения»**. Автор – один из ведущих в стране

экспертов в развитии лидеров и команд. Он пришел в редакцию с оформленной идеей и структурой книги. И пусть текста как такового не было, однако выпускающий редактор помог автору разобрать все кейсы, которые тот хотел осветить в издании, и в таком тесном сотрудничестве они смогли написать книгу.

Ключевым моментом работы над любым подобным проектом, является факт того, что в итоге заказчик должен остаться довольным. Поэтому на протяжении всего процесса с ним постоянно советуются и показывают материал на каждом этапе работы. После написания текста для будущего издания, он передается в редакцию для дальнейшей работы.

Интересен также момент, связанный с внутренним оформлением будущей книги, поскольку большая часть заказных изданий отличаются качественным оформлением, именно поэтому перед началом работы над макетом заказчик и арт-директор должны подробно обсудить особенности оформления, а выпускающий редактор наглядно показать и рассказать, какого формата бывают книги и какую печать возможно сделать.

У заказных изданий существует своя специфика реализации, которая зависит от многих индивидуальных факторов. Однако уместно выделить основные критерии и принципы, которые так или иначе фигурируют при подготовке заказных проектов. Ключевым и главным при реализации такого издания остается одно – помочь автору-заказчику всеми возможными ресурсами выпустить книгу под его критериями.

Список литературы

1.Альпина PRO // URL: https://xn--80aaxllhddj8i.xn--p1ai/ (дата обращения: 18.12.2025).

2. ГОСТ 7.89-2005. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Оригиналы текстовые авторские и издательские. Общие требования. – Введ. 2006-07-01. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 16 с.

3. Мильчин А. Э. Издательский словарь-справочник. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ОЛМА-ПРЕСС, 2003. – 560 с.

3. Райтер: кто он, зачем нужен бизнесу и как выбрать настоящего профессионала // SEOhead URL: https://seohead.pro/blog/glossary_rayter/ (дата обращения: 22.12.2025).

Секция
ИЗОБРАЗИТЕЛЬНОЕ ИСКУССТВО И ВИЗУАЛЬНЫЕ КОММУНИКАЦИИ

Боровинич Д.
студент,
daniloborovinic@gmail.com
Научный руководитель: ***Криштопайтис В.В.***
к.иск., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
v.krishtopaytis@yandex.ru

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ КОНСТРУИРОВАНИЯ СТАРОСЛАВЯНСКИХ ЗНАКОВ В СОВРЕМЕННОМ ДИЗАЙНЕ ШРИФТА

Аннотация. В статье производится взгляд на старославянскую и церковнославянскую письменность через призму современного дизайна шрифта и типографики. Новизна исследования заключается в систематизации правил, по которым необходимо работать с незнакомыми для носителя современного русского языка глифами при разработке актуальных антиквенных и гротесковых шрифтов.

Ключевые слова: gисьменность; палеография; кириллица; шрифт; дизайн; типографика.

Изучение конструктивных особенностей старославянского алфавита и его приспособление к современным нормам дизайна представляет большой интерес для сообщества дизайнеров шрифта, которые занимаются вопросами языковой поддержки в своих проектах, для ученых-лингвистов, нуждающихся в инструментах для научной работы со старославянским и церковнославянским языками, а также для издателей и книжных дизайнеров, занимающихся печатью текстов или их отрывков на вышеупомянутых языках без стилистического расхождения с остальными материалами издания. Данное исследование основано на исторических формах и эволюции кириллической графики, которые подробно описываются в трудах по славянской палеографии [1; 3; 4], и ставит задачу в виде систематизации принципов конструирования старославянских знаков в современном дизайне шрифта.

Предпосылки стилистического расхождения. Введение Петром I гражданского шрифта в 1708 году – событие, изменившее славянскую типографику и ставшее отправной точкой в формировании современной культуры шрифта всех стран, языки которых используют в качестве своей письменности кириллицу [2]. Это же событие одновременно привело к четкому делению шрифта на светский и религиозный, так как церковные издания продолжили отдавать предпочтение шрифтам, которые в той или иной степени воспроизводят графику полууставных почерков, как первопечатные и старопечатные книги, возникшие в России еще при Иване Грозном [1; 3]. Это деление также укрепляла и диглоссия –, то есть параллельное использование и русского, и церковнославянского языка, ведь второй после реформы XVIII века даже в большей степени укрепился в своей связи с допетровскими печатью и письмом. Эта ассоциация остается актуальной и в наше время, поэтому большая часть как графического, так и книжного дизайна, связанного с темой православного христианства (в том числе и на современном русском языке) в России лишь в очень редких случаях обращается к актуальной типографике. В то же время возможность встретить текст на старославянском или церковнославянском, напечатанный удобочитаемой текстовой антиквой крайне мала, а практика добавления всех необходимых для этого символов в кассу шрифта далека от распространённости. [5; 6].

Техническая реализация. Чтобы проиллюстрировать материал, представленный ниже, я решил взять за основу антиквенный шрифт *PT Serif*, разработанный Александрой Корольковой, основным преимуществом которого является поддержка всех миноритарных языков России, а также актуальных кириллических алфавитов зарубежья. Данный шрифт распространяется под лицензией *SIL Open Font License,* что позволяет легально модифицировать гарнитуру, благодаря чему я смог дополнить её старославянскими глифами, не представленными в оригинальном файле. Методологически проектирование дополнительных знаков опирается на системные принципы построения гарнитуры и логику конструктивного единства шрифта [5; 6; 7]].

Сохранившиеся знаки. Некоторые незнакомые для носителя русского буквы уже имеют свои современные антиквенные конструкции, так как используются в других языках. К их числу относятся «зело», соответствующая букве «дзе» в македонском языке. Изначально в рамках петровской реформы был сделан выбор в пользу этой буквы, а ее форма приведена в соответствие с латинским аналогом в виде буквы «S» (в изначальном славянском варианте буква имела иное распределение контрастов) [2]. Буквы «Є» (традиционная форма «Е») и «Ї» являются частью украинского алфавита, поэтому в большинстве случаев и так входят в кириллические кассы представленных на рынке шрифтов.

Знаки с устойчивой традицией. Буквы «ять», «ижица» и «фита» (рис. 1) продолжали быть частью русского алфавита вплоть до 1918 года, поэтому уже имеют устойчивую традицию изображения в антиквах [2]. Стоит отметить, что распространенной конструктивной ошибкой является изображение горизонтали строчной «ѣ» на манер латинской «ħ», вместо корректного расположения на строке. «Ѳ» имеет два варианта изображения: с волнообразным центральным элементом и с прямым.

Єє Її Ss Ѣѣ Ѵѵ Ѳѳ

Рис. 1. Знаки с традицией изображения в антиквах

Рис. 2. Демонстрация графической связи

При рассмотрении истории буквы «Ѧ» становится ясно, что изначально графически она не была связана с «А», так как последняя была представлена формой, приближенной к той, которую мы сейчас называем «одночастной „а“» [1; 4]. С появлением современной маюскульной формы «А» их графическая схожесть с малым юсом стала крайне заметна, поэтому при его проектировании оптимальным вариантом будет использовать в качестве основы «А» с увеличенной шириной для добавления центрального штамба, который по своей ширине должен соответствовать основному штриху, исходя из изначальной логики хода инструмента. Нижняя половина буквы «Ѫ» всегда подчинялась той же системе, что и у «Ж» (рис. 2).

В старославянский алфавит входят буквы, называемые «йотированными». По своему графическому воплощению они являются лигатурами, состоящими из «І», а также второго варьирующегося элемента. В их число входят «ІЄ», «ІѦ», «ІѪ», а также «ꙗ» [1; 4]. В современных шрифтах их можно проектировать по аналогии с «Ю», обращая внимание на расположение соединяющего элемента, чтобы не нарушить его логику (рис 3).

Юю ІѦꙗ

Рис. 3. Конструкция йотированных букв

Звук «о» представлен в первом литературном языке славян сразу несколькими буквами, каждая из которых имела большое количество вариантов. Помимо привычной буквы «О» использовалась также и заимствованная из греческого «омега», которая имеет «обычную» и «широкую» форму, а также входит в лигатуру «от» [1; 3]. Существует несколько современных интерпретаций изображения этих знаков, так, встречаются шрифты, в которых «обычная» омега приближена к латинской «w», что не видится корректным решением, так как в уставных и полууставных образцах можно наблюдать, что «арки», из которых состоит буква зачастую выглядели более плавно, чем у ижицы, которая по графике как раз близка к «V» и «W». С другой стороны, пластика и распределение контрастов в штрихах демонстрируют близость к латинской «u», а также курсивным начертаниям русских букв «и», «ш», что приводит к мысли о большей корректности именно такой адаптации. В исторических кириллических почерках отсутствуют односторонние засечки, однако позже они возникли вместе с развитием русской антиквы, поэтому изображение строчной «w» с двусторонними засечками выглядит, как слишком буквальный перенос старославянской графики, не отвечающий поставленной задаче. «Широкая» омега по своему начертанию представляет из себя два полуовала с «каплями», сходящиеся в один штамб в центре, и продолжает ощущаться естественно в такой форме и в современных шрифтах. Лигатура «от» образуется путем добавления к этой форме буквы «Т» в уменьшенном виде (рис. 4).

Рис. 4. Рационализация формы омег

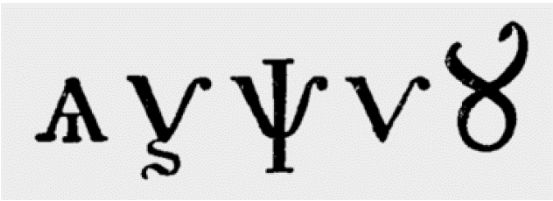


Рис. 5. Историческая форма пси

Рис. 6. Прописной ук

Буквы «Ψ», «ѯ» и «ѿ» также восходят к греческой орфографической традиции, однако в процессе развития кириллицы их графика существенно изменилась [1; 4]. В 1709 году в Амстердаме были разработаны дополнительные литеры, включавшие, в частности, «кси» и «пси», причём «кси» получила новую форму – ижицы с выносным элементом (рис. 5). Это допускает использование подобного варианта в современной антикве, однако он заметно отличается от традиционного облика знака и может снижать его узнаваемость. Проектируя традиционную форму «ѯ», целесообразно опираться на современную «З», учитывая её нестандартное положение в строке, сопоставимое с положением прописной «Ф» или латинской строчной «g» [5; 6]. Лигатура «ук» состоит из «О» и ижицы и имеет «гражданскую» интерпретацию как в строчном, так и в прописном варианте, что можно наблюдать, например, в книге «Правила о пяти чинах архитектуры» (рис. 5, 6).

Рис. 7. Рационализация прочих знаков в антикве

Некоторые буквы старославянского очень близки по форме к каким-то из современных русских, поэтому их довольно просто добавить в кассу, произведя небольшие модификации. Так, старая форма буквы «Ы» предполагает использование твёрдого знака в качестве левого элемента знака, а одна из вариаций «О» имела две точки в местах утоньшения штриха (рис.

7). Во многих случаях начертание редких знаков, вышедших из употребления можно рационализировать разными путями [5; 7], например, архаичный кириллический глиф «коппа», который использовался исключительно для числового обозначения, имеет выносной элемент, который можно сравнить с «ногами» букв «Д», «Ц» и «Щ» и изображать соответствующим образом, хотя его также можно продолжать рисовать как основной штрих.

Таким образом, проектирование старославянских знаков в современных шрифтах требует не буквального воспроизведения исторических форм, а осмысленной интерпретации их конструктивной логики в рамках актуальной типографической системы. Опора на исторические образцы должна сочетаться с учетом принципов современной антиквы и гротеска [5; 6], чтобы обеспечить стилистическое единство гарнитуры и её функциональность. Рациональный подход к адаптации соответствующих знаков позволяет интегрировать старославянский графический пласт в современный дизайн шрифта без утраты его исторической идентичности.

Список литературы

1. Карский Е. Ф. Славянская кирилловская палеография. – Л.: Изд-во АН СССР, 1928. – 494 с.
2. Шицгал А. Г. Русский гражданский шрифт. – М.: Книга, 1987. – 304 с.
3. Щепкин В. Н. Русская палеография. – М.: Наука, 1967. – 232 с.
4. Ягич И. В. Глаголическое письмо // Энциклопедия славянской филологии. Вып. 3. – СПб.: Имп. АН, 1911. – 106 с.
5. Bringhurst R. The Elements of Typographic Style. – 4th ed. – Vancouver: Hartley & Marks, 2013. – 398 p
6. Friedl F., Ott N., Stein B. Typography: An Encyclopedic Survey of Type Design and Techniques Throughout History. – Cologne: Könemann, 1998. – 384 p.
7. Vekshyna Y. Cyrillize It!: A Guide on Cyrillic Typography for Graphic Designers. – Kyiv: IST Publishing, 2022. – 256 p.

Глазунова Д.Д.
студент,
dasharina0307@mail.ru
Научный руководитель: ***Кошкин Д.Ф.***
к.арх., доцент,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Казань
Koshkin_df@mail.ru

ШРИФТОВАЯ ГРАФИКА В НАРУЖНОЙ РЕКЛАМЕ Г. КАЗАНИ В ПОСЛЕВОЕННЫЙ ПЕРИОД (1945–1953 ГГ.)

Аннотация. В данной статье рассматривается шрифтовая графика в наружной рекламе г. Казани в послевоенный период (1945–1953 гг.). Выявляются особенности типологии носителей наружной рекламы в рассматриваемый период; выявляются факторы, влияющие на характер шрифтовой графики; рассматривается специфика построения шрифтовой графики в наружной рекламе г. Казани в рассматриваемый период.

Ключевые слова: шрифт; наружная реклама; наглядная агитация; вывеска; Казань; послевоенный период.

Целью данного исследования является выявление особенностей шрифтовой графики в наружной рекламе и наглядной агитации г. Казани в послевоенный период (1945–1953 гг.). Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие задачи: во-первых, вы-

явить политические, культурные и технологические факторы, влияющие на характер шрифтовой графики в наружной рекламе; во-вторых, определить особенности типологии носителей наружной рекламы; в-третьих, выявить специфику построения шрифтовой графики в наружной рекламе г. Казани в рассматриваемый период.

В годы Великой Отечественной войны все ресурсы страны направлены на фронт. Городскую среду заполняют агитационные материалы на военную тематику. Вводится карточная система для обеспечения людей продовольствием, поэтому рекламировать товары было нецелесообразным. К социально-экономическим факторам, влияющим на характер наружной рекламы в послевоенный период можно отнести возвращение к розничной торговле. После окончания войны экономика страны постепенно восстанавливается, в 1947 г. были отменены продовольственные карточки. В условиях возвращения к товарной системе и розничной торговле возникла потребность в рекламировании товаров, растет объем потребительской рекламы [4, с. 383].

К культурным факторам можно отнести то, что лидирующим направлением в архитектуре в 1933–1955 гг. становится так называемый «сталинский ампир». Этот стиль характеризуется монументальностью, использованием классических ордеров, активным использованием декора с советской символикой [6]. Облик городской среды влиял и на наружную рекламу. В ней стало появляться больше декоративных элементов, таких как линейки, декоративные рамочки.

В 1946 г. Министерство торговли СССР утвердило новые правила устройства и содержания вывесок магазинов. На фасадах зданий магазинов обязательно должна была быть вывеска, эскизы которых утверждались Минторгом СССР. [5, с. 116].

К технологическим факторам можно отнести то, что, во-первых, в первые послевоенные годы не было возможности использовать дорогостоящие материалы в наружной рекламе, а во-вторых, используется технология световой вывески.

К особенностям типологии носителей наружной рекламы в послевоенный период можно отнести активное использование агитационных материалов. К государственным праздникам оформлялись улицы, площади, отдельные здания. Наглядная агитация могла включать в себя плакаты, траспаранты-перетяжки, объемно-пространственные конструкции.

Также крышные установки были распространенным носителем наружной рекламы в советский период. Причем они могли нести разную информацию: агитационную: лозунги, призывы («Миру-мир») (рис. 1); общественно полезную информацию («При пожаре звоните 01»); рекламную: непосредственно рекламу товара или услуги («Храните деньги в сберегательной кассе») или использовались как вывески. Большинство крышных установок были световыми.

Рис. 1. Крышная установка «Миру – Мир», пл. Свободы, Казань, 1950-е гг. (источник: https://pastvu.com/p/390786)

На городских улицах послевоенных лет чаще всего встречаются вывески с унифицированными названиями. Они как правило, обозначают целую группу товаров, которыми торгует магазин, например, «Галантерея», «Рыба», «Культтовары». Одинаковые названия, похожее друг на друга оформление вывесок, похожие шрифты, все это придавало улицам некото-

рую общность [1, с. 13] (рис. 2). Начинают чаще встречаться вывески с объемными металлическими буквами.

Рис. 2. Ул. Баумана, Казань, 1951 г. (источник: https://pastvu.com/993965)

Кроме основных вывесок, расположенных над входом и над витринами магазина, в простенках фасада между дверьми и витринами размещались вертикальные вывески. На них в несколько рядов перечисляли основные товары, имеющиеся в ассортименте магазина [5, с. 117]. Примером могут служить вертикальные вывески магазина «Галантерея» на ул. Баумана (рис. 3), названия всех товаров одинаковы по ширине за счет разницы в размере шрифта. Типографика вывесок магазина «Гастроном» (рис. 4) сложнее, слова вписаны в диагональные и криволинейные формы.

Рис. 3. Вывеска магазина «Галантерея», ул. Баумана, Казань, 1950-е гг. (фото: В. Чумаков)

Рис. 4. Вывески магазина «Универмаг», ул. Международная, Казань, 1950-е гг. (фото: И. Папкова)

К особенностям шрифтовой графики в наружной рекламе 1940-1950-х гг. можно отнести активное использование антиквенных шрифтов, в особенности классицистической антиквы (шрифт с тонкими прямыми засечками, с сильным контрастом штрихов, с вертикальными осями овалов [3, с. 196]). Это связано в первую очередь с тем, что господствующим архитектурным стилем в то время был так называемый сталинский ампир. Антиква, лучше всего подходила к подобной архитектуре.

Что касается типографики в наружной рекламе в рассматриваемый период, то чаще всего на носителях используется центральная выключка, что также связано с монументальностью «сталинской архитектуры», обращением художников к классическим образам. Примером может служить брандмауэр «Покупайте в сберегательных кассах облигации...» на ул. Ершова (рис. 5).

Рис. 5. Брандмауэр «Покупайте в сберегательных кассах облигации...», ул. Ершова, Казань, 1950-е гг. (фото: С. Токарев)

С другой стороны, в наружной рекламе 1940–1950-х гг. продолжают использоваться гротески, в особенности так называемый «палочный шрифт», который строился из прямых линий одной толщины и был особенно распространен в 1920–1930-е гг. Чаще всего гротески используются в агитационных материалах, но встречаются и на вывесках. Также стоит отметить, что в наружной рекламе 1940–1950-х гг. используются некоторые типовые решения. Например, на вывесках кинотеатров «Вузовец» (рис. 6), «Родина», «кинотеатр им. Тукая» используется один и тот же «палочный» шрифт.

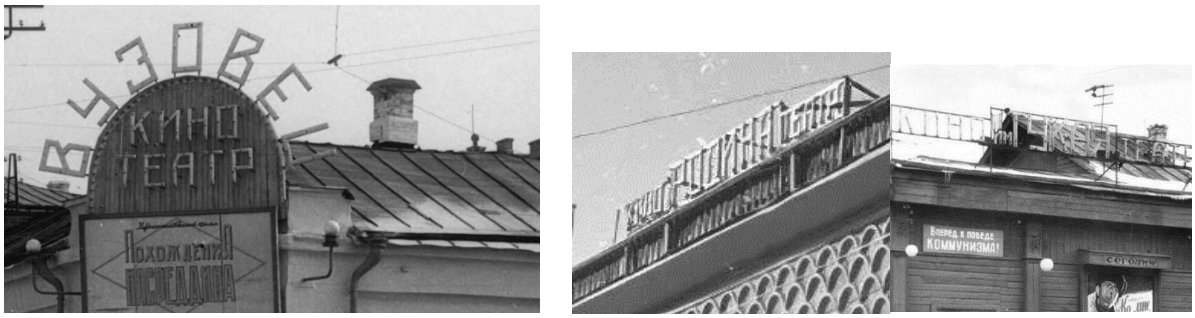


Рис. 6. Вывески кинотеатров «Вузовец», «Родина», «Кинотеатр им. Тукая», Казань

Начиная с 1950-х гг. в наружной рекламе особенно популярными становятся рукописные шрифты, характер которых зависел от логики пишущего инструмента взятого за основу формообразования знаков. Можно выделить шрифты:

– Имитирующие письмо инструментом, не предполагающим контраста (монолинейные), например, вывеска кинотеатра «Победа» (рис. 7);
– Имитирующие каллиграфию кистью;
– Имитирующие каллиграфию ширококонечным пером;
– Имитирующие каллиграфию острым пером [2, с. 65].

Рис. 7. Кинотеатр «Победа», Казань, 1959 г. (источник: https://pastvu.com/p/1397474)

На одном носителе наружной рекламы могло использоваться сразу несколько разных по характеру шрифтов, как на крышной установке «При наличии газа звоните по телефону...» (рис. 8). Здесь используются сразу антиква, гротеск и рукописный шрифт. На учрежденческой доске Президиума верховного совета Татарской АССР (рис. 9) тоже присутствуют сразу несколько шрифтов. Также информация на ней дана на двух языках: русском и татарском. Для наружной рекламы г. Казани характерно двуязычие.

Рис. 8. Крышная установка на здании Татпотребсоюза, перекресток ул. Куйбышева, Бутлерова и Профсоюзной, Казань

Рис. 9. Учрежденческая доска Президиума Верховного Совета ТАССР, Казань, 1951 г. (фото: Павел S)

Таким образом, в данной статье были выявлены, во-первых, факторы, влияющие на наружную рекламу послевоенного периода, а именно социально-экономические: возвращение розничной торговли, культурные: появление в архитектуре стиля «сталинский ампир», появление правил устройства вывесок, технологические: отсутствие дорогостоящих материалов, использование световой рекламы. Во-вторых, были выявлены особенности типологии носителей наружной рекламы в послевоенный период, к которым относятся использование агитационных материалов, использование крышных установок, унификация вывесок и размещение вертикальных вывесок с названиями товаров. В-третьих, была выявлена специфика построения шрифтовой графики в наружной рекламе г. Казани в послевоенный период, а именно активное использование антиквенных шрифтов (шрифтов с засечками), использование центральной выключки, использование гротесков (шрифтов без засечек), распространение рукописных шрифтов, использование на одном носителе нескольких разных по характеру шрифтов.

Данное исследование может быть использовано в современной архитектурно-дизайнерской практике, в частности, для проектирования дизайн-кода городов и визуальных коммуникаций. Изучение исторических образцов может вдохновить дизайнеров и художников на создание современных шрифтов, а знание истории шрифта, его культурной функции может помочь в создании культурно-релевантных визуальных решений в современной городской среде.

Список литературы

1. Гринина О. Ретроспектива казанской вывески // Мир искусств – 2020 – № 3 (31).
2. Королькова А. Живая типографика. М.: IndexMarket, 2012. С. 224, ил.
3. Наумова С. В., Наумова П. М., Наумов М. Н. Шрифт в мультимедийной среде: учебник // Екатеринбург, УрГАХУ, 2023. С. 428.
4. Савельева О. О., Трубникова Н. В. Всеобщая история рекламы: учебник для вузов. М.: Дашков и К°, 2019 г. С. 452.
5. Сазиков А. В., Виноградова Т. Б. Наружная реклама Москвы. История, типология, документы.– М.: Русский мир, 2013. С. 400.
6. Сталинский ампир: лучшие образцы от Москвы до Екатеринбурга. История и современность самых впечатляющих построек 1930–1950-х [электронный ресурс] // Tripster. URL: https://experience.tripster.ru/articles/stalinskij--ampir-luchshie--obrazcy-ot-moskvy-do-ekaterinburga/ (дата обращения: 08.04.26)

Горда А.А., Шлямина А.П.
студенты,
anita.gorda@bk.ru, schlyamina2015@yandex.ru
Научные руководители: ***Криштопайтис В.В.***
к.иск., доцент,
v.krishtopaytis@yandex.ru
Кречетова М.А.
доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ВЛИЯНИЕ НАТАЛИ ПАРЭН НА РАЗВИТИЕ ЗАРУБЕЖНОЙ ИЛЛЮСТРАЦИИ С ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XX В. ДО НАШИХ ДНЕЙ

Аннотация. В статье рассматривается влияние творчества Натали Парэн на развитие французской и европейской детской иллюстрации первой половины XX века. Анализируется адаптация принципов советской художественной школы ВХУТЕМАСа – конструктивизма,

плоскостности, ритмической организации и работы с цветом – в контексте западной книжной культуры. На примере отдельных произведений выявлены основные формально-стилистические особенности иллюстраций Парэн и показана их роль в формировании нового визуального языка европейской детской книги.

Ключевые слова: Натали Парэн; книжная иллюстрация; русское зарубежье; ВХУТЕМАС; конструктивизм; детская книга; французская иллюстрация.

Актуальность темы и постановки проблемы

Значительный пласт влияния русской художественной миграции на западную книгу остаётся малоизученным, а многие имена – в частности Натали Парэн – воспринимаются лишь в контексте западной традиции, без должного внимания к российским истокам ее метода. А ведь важно, что в истории книги XX в. есть те советские иллюстраторы, которые выполняли особую миссию – оказывали на западную книжную культуру советское влияние. Назрела необходимость более глубокого погружения в эту тему, с более детальным рассмотрением творчества ярких представителей русских эмигрантов. А именно Натали Парэн, как знаковой фигуры в французской иллюстрации с первой половины XX в. до наших дней.

Задача статьи – в иллюстрациях Натали Парэн выявить признаки, составляющие концепцию школы ВХУТЕМАСа, и проанализировать степень актуальности ее иллюстраций в настоящее время.

Основное изложение материала

Натали Парэн – художник русского зарубежья, чьи творческие принципы сформировались под влиянием советского конструктивизма, авангарда и педагогики ВХУТЕМАСа (живописное отделение, мастерская П. Кончаловского, 1918-1922 г.). В культурно-историческом аспекте её творчество стало своеобразным мостом между двумя художественными системами – советской и французской. В отличие от многих эмигрантов, сознательно дистанцировавшихся от всего нового советского, Парэн развила методы советской школы, органично вписав их в французскую традицию детской книги.

Французская иллюстрация начала XX в. отличалась детализацией, декоративностью, мягкой акварельной манерой. Парэн на тот момент была в радикально новом течении ВХУТЕМАСа: ее язык был конструктивным, основанным на плоскостности, лаконичной форме, ритмической организации листа и выразительных цветовых плоскостях. Ей близка эстетика новаторов искусства 1920-х гг. – В. Лебедева, А. Родченко, Л. Поповой и в целом близки педагогические практики ВХУТЕМАСа.

Попав во Францию, Парэн не просто адаптировала советские методы, но преобразовала их, что позволило сформировать новый визуальный язык французской детской книги. Её популярность объясняется не только художественной выразительностью, но и соответствием социально-культурному запросу: Европе в 1920-30-е гг. требовался простой, лаконичный и понятный визуальный язык, рассчитанный на массового читателя и индустрию доступной детской книги.

Парэн приглашала к сотрудничеству других русских художников-эмигрантов, передавая им свой опыт и вдохновляя на новые подходы. В 1932 году она привлекла к работе над серией «Альбомы папаши Бобра» Елену Гертик и Александру Экстер, в 1933 году к ним присоединились Фёдор Рожанковский, Александр Шеметов, Иван Билибин, в 1934 году – Юрий Черкасов, а в 1935 году – Натан Альтман. Её методы работы, включая использование геометричности форм, кубистских мотивов и игр с вырезанием и склеиванием плоскостных элементов, стали примером для коллег.

***

Рассмотрим творчество Парэн как то, что было сформировано на пересечении русской художественной традиции и французского культурного пространства. Важно учитывать следующие контексты:

1. Социальный и полиграфический контекст – послевоенная Франция нуждалась в простой, доступной, демократичной книге для детей. После революции 1917 г. советские книжки-картинки привозили в Европу как сувениры, что обусловлено их низкой стоимостью и высоким качеством иллюстраций. Ее книги печатались на дешевой бумаге с использованием небольшого количества красок. Это предопределило минимализм и графичность, ставшие отличительной чертой ее метода.

2. Педагогический контекст – во Франции середины XX в. активно развивались идеи модернистской педагогики, ориентированной на развитие самостоятельного мышления ребенка и визуального восприятия.

Первые книги Натали Парэн были связаны с рукоделием и творчеством. Они должны были подтолкнуть ребёнка к самостоятельному творчеству. Одна из них – «Вырезалка», изданная в 1931 г. в издательстве Père Castor, является прорывом в французской иллюстрации своего времени. За счет вкладышей цветной бумаги Парэн выстраивает более глубокий диалог читателя с книгой. Так ребенок не просто смотрит на лаконичные, строго организованные формы, но и сам стремится к творческим экспериментам. Стоит отметить, что сама возможность вырывать цветную бумагу, как в книге «Вырезалка», указывает на уход от книги как предмета роскоши к книге как доступному продукту, при этом не теряющем высокую художественную и информационную ценность.

В книге же «Баба Яга» (1932 года издания) Натали Парэн не просто пересказывает русскую сказку французским читателям, но и максимально доступно передает образ русского народа, в том числе архитектуры и костюма. Парэн боролась с устоявшимися традициями рассказывания сказок. Ее «Баба Яга» и сегодня воспринимается как свежая и радостная книга.

Все это позволяет понять, почему именно в её руках советские методы обрели новую жизнь и стали основой целого направления во французской иллюстрации.

На основании вышеизложенного выявим устойчивые признаки художественного стиля Натали Парэн:

1. Плоскостность как принцип организации композиции. Парэн понимала изображение как систему взаимодействующих цветовых плоскостей. В этом проявляется влияние конструктивизма и ранней советской детской книги, где плоскость становится не просто фоном, а активным участником композиции. На примере книги «Каштанка» можно отметить, как лаконичные формы позволяют избавиться от дробности, акцентируя внимание на главном, а также деталях, возможно и не прописанных в тексте, но важных для выстраивания более глубокого погружения в книгу.

2. Особая пластика пространства. У Парэн оно условно, не иллюзорно: нет линейной перспективы, но есть ритмическое взаимодействие форм. Такое понимание пространства соответствует школе ВХУТЕМАСа, в которой важнее была структура, чем натурализм.

3. Цвет как отдельное подпространство книги. В её иллюстрациях он не заполняет форму, а формирует композицию. Каждая плашка цвета живёт собственной жизнью, задаёт ритм и настроение книги. Парэн проводит большую работу с цветом, так она не боится использовать черный в иллюстрациях. В ее работах, казалось бы, мрачный цвет полностью подвластен воле творца и подобен театральной сцене, подсвечивая героев и ключевые детали, словно прожектором. Так, в книге «Каштанка» наиболее сильно подчеркивается театральность. Черный, несмотря на большое его количество, становится неотъемлемой частью повествования, при этом будто напоминая, что мы на сцене и смотрим лишь на то что подсвечено прожектором, слово вылепливающим формы за счет работы с белым.

Работы Парэн сформировали направления, которые позже стали доминирующими в европейской книге: развитие минималистичной детской иллюстрации; переход от декоративного изображения к конструктивному; внедрение идеи книги-пособия, которая работает как творческий инструмент; популяризация плоскостной, графичной манеры, которую впоследствии развивали издательства Éditions MeMo и ряд других европейских домов. Фактически Парэн стала одной из ключевых фигур, определивших визуальный язык французской детской книги первой половины XX века и повлиявших на целое поколение иллюстраторов.

После смерти Натали Парэн её творчество на длительное время оказалось забытым, однако гораздо позднее оно нашло своего зрителя. Мастера книжной графики высоко оценили оригинальность и свежесть взгляда художницы на образ книги. В 1988 году ее иллюстрации были представлены на выставках французских и русских художников детской книги в Цюрихе, Париже, Валенсии и Москве. Мемориальные выставки прошли в Праздничном зале Вердело (1991), в Российской государственной библиотеке в Москве (1993), в Центре культуры в Орли (1998). Часть семейного архива, включая наброски, рисунки и гуаши за период 1917–1953 годов, были проданы на аукционе в Париже (2008). В 2009 году работы художницы были показаны в Москве на выставке «Рандеву: Русские художники во французском кни-

гоиздании первой половины XX века» (книги из собрания М.В. Сеславинского). В 2011 году Дом русского зарубежья им. А. Солженицына в Москве провел выставку книжных работ художницы в рамках международного проекта «Пространство и время в судьбе семьи Челпановых».

Выводы

Таким образом, в творчестве Натали Парэн выявлены следующие признаки, составляющие концепцию школы ВХУТЕМАСа: плоскостность как принцип организации композиции; ритмическое взаимодействие форм; цвет, создающий отдельное подпространство книги; а также модульность и структурность. Проанализирована степень актуальности ее иллюстраций в настоящее время. Сейчас остро стоит вопрос о значимости отечественной культуры в мире и о национальном самосознании. Важно понимать, что русское творчество так или иначе влияет на западную культуру.

Натали Парэн стала проводником советской художественной школы за рубежом, воплотив в французской книге принципы ВХУТЕМАСа. Ее художественный язык был сформирован русской авангардной школой и адаптирован во Франции. Парэн не утрачивала связь с искусством своей родины, собирая библиотеку, в которую входило множество выдающихся советских иллюстрированных книг. Изобразительные методы Парэн соответствовали социальным, педагогическим и полиграфическим реалиям Франции середины XX в. Влияние выражалось в формировании нового визуального стандарта французской детской книги и развитии европейской иллюстрации в направлении конструктивности и ясной композиции.

Творчество Натали Парэн по сей день сохраняет актуальность. Переиздание ее книг французским издательством МеМо подтверждает устойчивый интерес к её наследию за границей, а издание книги «Каштанка» на русском языке (издательство «Карьера-Пресс», 2015) свидетельствует о внимании к ее творчеству и в России. Визуальный язык Парэн вписывается в современные тенденции книжной иллюстрации и предлагает юному читателю неторопливое созерцание, развивая визуальную грамотность и эмоциональную чуткость. Таким образом, её книги продолжают выполнять важную культурно-педагогическую функцию, оставаясь ценным ресурсом для издательств и читателей.

Список литературы

1. 125 лет со дня рождения Натали Парэн // Дом русского зарубежья имени Александра Солженицына. 2025. URL: https://www.domrz.ru/press/memo_dates/125_let_so_dnya_rozhdeniya_natali_paren/ (дата обращения 22.02.2025)
2. Мяэотс, О. Н. Русский след в английской книжной иллюстрации. История создания серии «Паффин букс» / О. Н. Мяэотс // Трауготовские чтения – 2023: материалы тринадцатой научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 17–18 марта 2023 г.). – Санкт-Петербург, 2024. – С. 234–235.
3. Éditions MeMo. 1990. URL https://www.editions-memo.fr/?s=Nathalie+parain (дата обращения: 22.02.2025).
4. Nathalie Parain // Центр детской книги и детских программ. 2008. URL: https://deti.libfl.ru/ru/ccentr-detskoy-knigi-i-detskih-programm/childrens-literature/foreign/_/natali-paren (дата обращения: 22.02.2025).

Демьянченко Д.А.
студент,
kikassqqq@mail.ru
Научный руководитель: ***Дереза П.А.***
доцент,
Донецкий государственный университет,
Россия, Донецк

СТИЛИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ УРБАНИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Аннотация. Эта статья посвящена изучению методов стилизации элементов промышленного ландшафта Донецка. В ней выделены ключевые объекты, формирующие уникальный культурный облик города: шахтные копры, терриконы и промышленные артефакты, такие как вагонетки и рельсы. Для каждого из этих объектов предложены и обоснованы соответствующие художественные приемы стилизации – использование пятна, штриха и линии. Также рассматриваются возможности применения этих стилизованных образов в архитектурном и дизайнерском проектировании, в частности при обновлении промышленных зон и создании городской айдентики.

Ключевые слова: стилизация; техника; Донецк; шахтный копр; террикон; вагонетка; штрих.

Актуальность темы

Актуальность обусловлена необходимостью сохранения индустриальной идентичности Донецка в условиях постиндустриальной трансформации. Стилизация позволяет адаптировать промышленное наследие (копры, терриконы, вагонетки) к современной городской среде и отвечает запросу на осмысление промышленных форм как источника вдохновения для дизайна архитектурной среды и визуальной айдентики.

Цель исследования определить ключевые элементы промышленной урбанизации Донецка (копры, терриконы, вагонетки), обосновать приемы их стилизации с использованием художественных техник «пятно», «штрих» и «линия», а также определить направления применения полученных образов в архитектурно-дизайнерской практике для сохранения локальной идентичности и формирования комфортной городской среды.

Основная часть

Уникальный облик Донецка неразрывно связан с историей промышленного развития Донбасса. В отличие от многих городов с древней историей, Донецк возник в конце XIX века как шахтерский поселок при металлургическом заводе Джона Юза [4]. Эта «индустриальная колонизация» привела к тому, что промышленные объекты здесь изначально выполняли не только производственную, но и градообразующую функцию. Архитектурно-пространственная структура города формировалась под влиянием производственной логики: жилые районы перемежались с санитарно-защитными зонами, а вертикальные доминанты – заводские трубы и терриконы – создавали узнаваемый силуэт города, который долгое время символизировал мощь и трудовой героизм.

Жители, привыкшие к такой визуальной среде, воспринимают терриконы и цеха не просто как производственные объекты, а как неотъемлемую часть ландшафта, формирующую их местную идентичность. Как справедливо отмечает исследователь городской среды Донбасса А. В. Белоусов, «игнорирование промышленного слоя в культурном слое Донецка ведет к эстетической депривации и утрате связи поколений» [1]. Таким образом, стилизация в данном контексте выступает не как способ «украшения» неприглядных объектов, а как метод бережного переосмысления исторической ткани города.

Шахтные копры являются, вероятно, самыми характерными техногенными символами Донбасса. Их конструкции, как правило, выполненные из металла, отличаются ажурностью и ритмичностью, формируя узнаваемый облик. Копры воплощают в себе выразительную инженерно-конструктивную эстетику: открытые формы, динамичное взаимодействие верти-

кальных и горизонтальных элементов, а также внушительные масштабы, сопоставимые с высотными зданиями.

Для художественной интерпретации шахтного копра была выбрана техника "пятно". Этот выбор обоснован несколькими причинами. Во-первых, сложная, перфорированная структура копра, при упрощении, воспринимается не как совокупность отдельных линий, а как плотное, фактурное пятно, контрастирующее с небом. Во-вторых, техника "пятно" позволяет передать монументальность и брутальность промышленного объекта, его материальность и весомость. Пятновая техника, оперирующая тональными отношениями, светотенью и силуэтом, дает возможность абстрагироваться от излишней технической детализации и выявить главное – пластику формы и ее роль в городском ландшафте.

Чтобы прийти к итоговому варианту авторской стилизации, была выполнена клаузура на данную тему (рис. 1). Для итогового изображения копра, из нее были взяты такие элементы как общее построение элемента, детали его конструкции и цветовая гамма (черно-белая), хорошо передающая настроение шахтной эстетики. Но не были взяты облака, изображенные в технике «штрих», так как для композиции была выбрана другая техника – «пятно», фон был изменен с обычного городского на индустриальный, для более глубокой передачи промышленного строения копра, а также он был более четко выделен черным для усиления акцента.

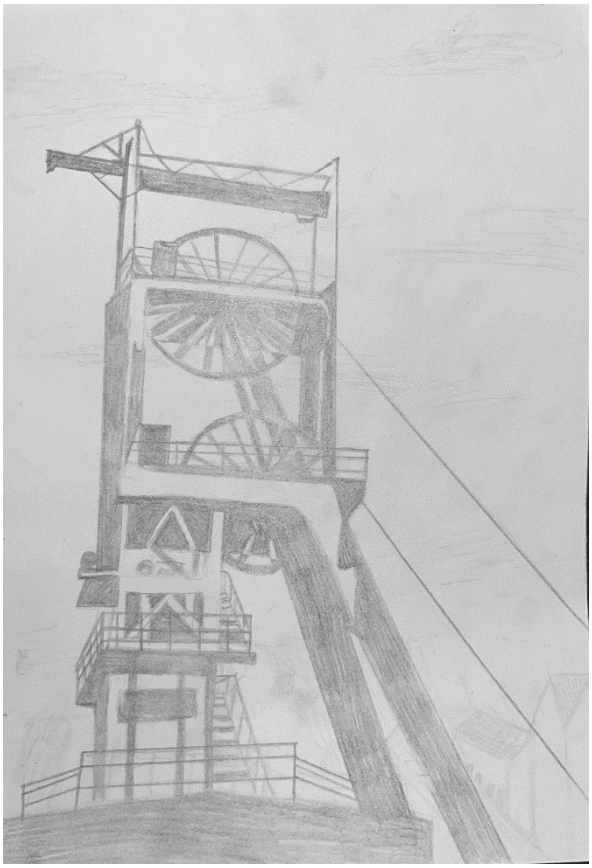


Рис. 1. Клаузура авторской стилизации шахтного копра

На представленной авторской стилизации (рис. 2) шахтный копер изображен на фоне индустриальной архитектуры, включающей заводские корпуса, эстакады и трубы. Использование пятна позволяет интегрировать эти разнообразные объекты в единую композицию, создавая ощущение индустриального "фона", из которого копер возвышается как центральная доминанта. Черно-белая цветовая гамма подчеркивает драматизм индустриального пейзажа и его суровую красоту. Такой подход к стилизации может быть успешно применен при создании крупных панно для общественных интерьеров, в оформлении фасадов зданий в промышленных зонах, а также в разработке фирменного стиля мероприятий, посвященных истории Донбасса. Техника "пятно" обеспечивает масштабируемость изображения без потери выразительности, что является важным преимуществом в архитектурном дизайне.

Рис. 2. Авторская стилизация шахтного копра

Террикон – ключевой индустриальный объект Донбасса, представленный в технике «штрих» как геопластическая доминанта. Эти породные отвалы являются наиболее узнаваемой и эмоционально значимой чертой местного ландшафта. В Донбассе насчитывается более сотни крупных терриконов. Их коническая форма, темный оттенок (обусловленный угольной пылью) и внушительные размеры формируют уникальный макрорельеф.

Стилизация пейзажа с терриконом в технике «штрих» выбрана не случайно. Сложная поверхность террикона идеально передается этим графическим приемом, позволяя отобразить его фактурную сложность. Динамика штриха эффективно подчеркивает направление склонов, конусообразную форму и создает впечатление «движения» породы, отсылая к процессу образования отвала [2].

В клаузуре для авторской стилизации террикона (рис. 3) были допущены и исправлены следующие ошибки: неверно подобранная зернистая бумага, мешающая полноценно показать штрихи, поэтому для итоговой иллюстрации был выбран гладкий лист, позволяющий передать каждую деталь штриховой композиции. Была нарушена передача плановости пейзажа, для решения данной проблемы, были приняты такие действия, как более четкое изображение переднего плана, проработка светотеневых участков (затемнение кустов, террикона и некоторых участков травы) и дополнительная штриховка на облаках, для передачи их легкости и воздушности. Было сохранено общее композиционное решение (расположение террикона, кустов, солнца и шахтного копра на заднем фоне).

Рис. 3. Клаузура авторской стилизации террикона

На авторской иллюстрации (рис. 4) пейзаж с терриконом выполнен преимущественно штриховыми техниками. Разнообразие штрихов позволяет моделировать форму, передавать освещение и фактуру. Выбор данной техники также обусловлен ее «рукотворностью» и выразительностью в малых формах, что делает его подходящим для книжной графики, туристических карт, эмблематики и сувенирной продукции."

Рис. 4. Авторская стилизация террикона

Стилизация террикона с помощью штриха позволяет сохранить его узнаваемость, но при этом перевести из разряда «техногенного мусора» в разряд художественного образа, подчеркивающего одновременно мощь природы (форма горы) и труд человека.

Вагонетка – это простой, но незаменимый элемент промышленности, выполненный в технике "линия". Она символизирует тяжелый труд шахтеров, их ежедневный риск и романтику подземной добычи. Рельсы, уходящие вдаль, олицетворяют связь между поверхностью и недрами, путь и движение. Эти объекты часто становятся частью мемориальных комплексов или городской скульптуры.

Для авторской стилизации вагонетки на рельсах выбрана техника «линия». Линия – это первичный и наиболее чистый графический прием, позволяющий с максимальной точностью передать конструктивную суть объекта. Металлические конструкции вагонетки, рельсовые пути, ритм шпал – все это создает идеальную основу для линейного рисунка. Линия выявляет структуру, каркас, логику построения формы. Кроме того, линейный стиль ассоциируется с чертежом, инженерной графикой, что подчеркивает технологичность и функциональность изображаемых объектов [5].

Из клаузуры на данную тему (рис. 5) было взято построение вагонетки, вход в шахту и задний фон. Была исправлена неверно построенная горизонталь рельс, убрана штриховка в шахтном туннеле, не совпадающая с техникой авторской стилизации. Добавлены и доработаны детали на вагонетке, проведена работа над передачей плановости и объема с помощью толщены линий и оттенения предметов.

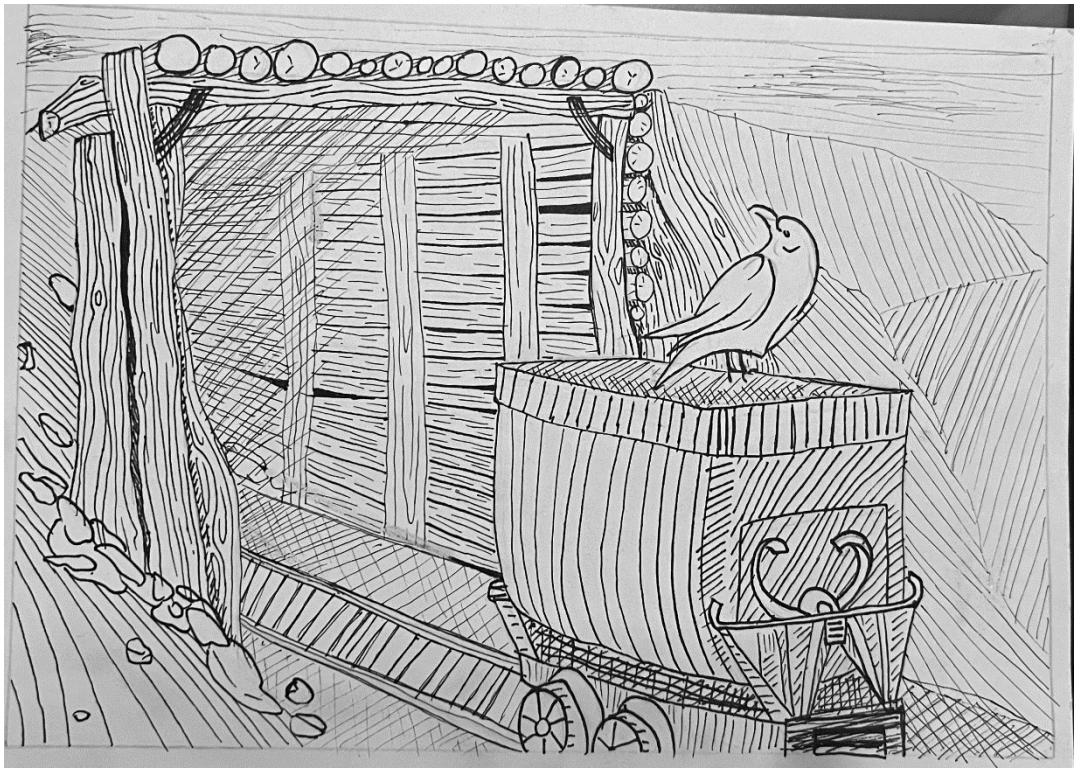


Рис. 5. Клаузура авторской стилизации вагонетки на рельсах

Авторская стилизация вагонетки на рельсах (рис. 6) выполнена четкими линиями. Этот выбор обусловлен функциональностью стиля в современном дизайне: такие изображения легко адаптируются под лазерную резку по металлу, фрезеровку, используются в навигационных системах, пиктограммах, элементах фирменного стиля.

Рис. 6. Авторская стилизация вагонетки на рельсах.

В рамках проектной работы, техники "линия", "пятно" и "штрих" могут быть комбинированы для создания комплексной серии изображений, посвященных промышленности Донбасса.

Вывод

Таким образом, стилизация индустриальных элементов Донецка – это многогранный процесс, требующий не только узнаваемости образов, но и продуманного художественного подхода. Шахтный копр, террикон и вагонетка, переосмысленные через приемы пятна, штриха и линии соответственно, обретают новое графическое воплощение. Это позволяет сохранить уникальный культурный код города, транслировать его историю через актуальные визуальные образы и формировать комфортную среду, где индустриальное наследие становится источником вдохновения и укрепления локальной идентичности.

Список литературы

1. Белоусов Е. Д. Вопросы формирования и архитектурно-планировочной организации городских агломераций угольных районов (на примере Донбасса): Диссертация … кандидата архитектуры / Е. Д. Белоусов; Московский архитектурный институт (МАРХИ). – Москва, 1974. – 216 с.
2. Ли Н. Г. Основы учебного академического рисунка: учебник / Н. Г. Ли. – Москва: Эксмо, 2021. – 480 с.
3. Мохирев, К. В. Передача материальности в графике [Электронный ресурс] / К. В. Мохирев // Инфоурок. – 2025. – URL
4. Посохов С. Город как практика саморепрезентации: индустриальная и постиндустриальная эпоха (на примере Донецка, Днепра, Запорожья, Одессы, Харькова) / С. Посохов // Exploring the Face of the City. – Харьков, 2021
5. Технический рисунок и перспектива: учебно-методическое пособие / составители: П. А. Дереза, Ю. Ю. Трошкина. – Донецк: ФГБОУ ВО ДонГУ, 2025. – 174 с.

Ерохина Е.В., Николаева О.Ю., Остроумова С.А.
студенты,
olesya.nikolaeva2004@yandex.ru, katyaerokh@yandex.ru, sonia.ostroumova@yandex.ru
Научный руководитель: ***Криштопайтис В.В.***
к.иск., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
v.krishtopaytis@yandex.ru

ИНКЛЮЗИВНЫЙ ГРАФИЧЕСКИЙ ДИЗАЙН ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ: ЭВОЛЮЦИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы адаптации интерфейсов с позиции инклюзивного дизайна для пользователей с нарушениями зрения. Цель работы – проанализировать эволюцию инклюзивного графического дизайна, выявить основные трудности проектирования и сформулировать практические рекомендации для создания доступных интерфейсов. Научная новизна заключается в систематизации визуальных материалов и комплексном анализе развития инклюзивного графического дизайна для слабовидящих пользователей.

Ключевые слова: инклюзивность; графический дизайн; адаптация интерфейсов; слабовидящие; инклюзивный дизайн.

Актуальность темы и постановка проблемы

В современных российских условиях актуальность данной темы обусловлена изменениями в нормативном регулировании и ростом значимости цифровых интерфейсов в повседневной жизни населения. В настоящее время потребительский рынок Российской Федерации в недостаточной степени ориентирован на адаптацию визуальной среды для слабовидящих пользователей, при этом приоритет чаще отдаётся решениям в области промышленного дизайна. Большинство брендов не оптимизирует свои сайты для людей с различными формами нарушения зрения.

Лишь в 2025 г. был введён обновлённый государственный стандарт, регламентирующий требования к доступности цифровых ресурсов, в котором уточнили формулировки, полностью переработали статус и существенно дополнили правила. В связи с изменениями можно привлечь больше внимания к теме, которая становится всё более актуальной. В условиях цифровизации общественных процессов обеспечение доступности интерфейсов для различных групп пользователей становится необходимым условием.

Задача статьи – проанализировать эволюцию графических интерфейсов, ориентированных на слабовидящих, систематизировать существующие требования по решению проблемы адаптации цифрового пространства для людей с нарушением зрения.

Основное изложение материала

Для того, чтобы понимать проблематику оптимизации графического дизайна для слабовидящих, необходимо раскрыть такое понятие, как «инклюзивный дизайн».

Инклюзивный дизайн – это не только удобство, комфорт и минимальный стресс от пользования с продуктом, но это также и про возможность адаптировать цифровой ресурс под свои потребности [1]. Основная цель инклюзивного дизайна – это оптимизация веб-интерфейсов, которые будут доступны для максимального числа людей с учётом их особенностей. Общество стремится к тому, чтобы цифровой средой можно было пользоваться без ограничений.

Перед тем как рассматривать существующие требования по данному вопросу, стоит понять, каким категориям людей может потребоваться использования инклюзивного дизайна. Пользователи, которым требуются вспомогательные технологии графического интерфейса – это люди с полной или частичной слепотой, близорукостью или дальнозоркостью, дальтоники, глухонемые или те, кто имеет какие-либо деформации или отсутствия конечностей. В данной статье делается уклон на слабовидящих.

На основании анализа официальной статистики от аналитического бюро *GxP News* в 2021 г. численность населения Российской Федерации, потенциально относящихся к категории лиц с нарушением зрения, составила не менее 18,8 млн человек. При этом количество лиц, имеющих официальный статус инвалидности по зрению, было значительно меньше – почти в 212 раз. Вместе с тем, доля людей с нарушением зрения в общей численности населения оценивается примерно в 13 %. Видно, что это значительная часть страны, поэтому очень важно заниматься оптимизацией окружающей среды и решением данной темы.

Также нами был проведён опрос, в которым выяснилось, что проблема с адаптацией интерфейсов очень распространена. В 1980-е гг. происходит цифровой прорыв, в котором у людей появляется больше возможностей, из-за чего пользователи с нарушением зрения сталкиваются с такими препятствиями, как мелкий шрифт, низкий контраст, сложная навигация, перегруженность интерфейса, неподписанные кнопки/иконки, неадекватная работа курсора и прохождение капчи. В связи с этой проблемой в 1999 г. вводится *WCAG* (Web Content Accessibility Guidelines) – набор рекомендаций о том, чем руководствоваться при создании интерфейсов и как проверить его доступность для пользователей с инвалидностью, который развивался как технологически нейтральная международная методология. Например, светло-серый текст на белом фоне, часто используемый в современном минималистичном дизайне, может быть трудночитаемым для слабовидящих. При соблюдении WCAG дизайнер должен обеспечить достаточную разницу яркости между текстом и фоном, чтобы информация оставалась различимой даже при сниженной остроте зрения. Таким образом, требования контрастности влияет не только на технические параметры интерфейса, но и на визуальную стратегию проектирования.

Однако в нашей статье мы рассматриваем проблему более ограниченно, в рамках российского стандарта. В Российской Федерации существуют национальные нормы – ГОСТы, которые при создании правил интерфейсов для слабовидящих ориентировались на требования WCAG. *ГОСТ* (аббревиатура от государственный стандарт) – национальный нормативный стандарт, адаптирующий международные рекомендации под российскую правовую систему. Основная цель – закрепление требований официально и интеграция их в систему государства. Так, при входе на сайт Сбербанк пользователь может увидеть в правом верхнем углу сайта иконку с изображением человечка (или схематичного глаза). При нажатии на виджет пользователю предлагается сменить цветовую схему. Данный пример наглядно демонстрирует практическую реализацию требований национального стандарта в цифровой среде.

Эволюцию инклюзивного дизайна для слабовидящих можно рассматривать как постепенный переход от устаревших методов к универсальному дизайну построенный на взаимосвязи ГОСТа и WCAG и ориентированный на равный доступ всех категорий пользователей. Итак, документы претерпели несколько этапов развития, при этом каждая последующая версия дополняла и уточняла требования, направленные на повышение доступности цифровой среды для пользователей с нарушениями зрения. Первая редакция – WCAG 1.0, опубликованная в 1999 г., послужила методологической основой для разработки первого государственного стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 52871-2007 «Дисплеи для слабовидящих», формально регулирующим доступность веб-интерфейсов для людей с нарушением зрения.

Итак, опираясь на WCAG, ГОСТ Р 52871-2007 уже имел следующие положения: 1) обязательное наличие текстовых альтернатив (alt), для изображений, графических элементов и мультимедиа; 2) требование дублирования цветной информации текстом или другими визуальными средствами; 3) определение требований к читаемости текста и различимости элементов интерфейса; 4) поддержка масштабирования шрифтов и корректного отображения при увеличении; 5) требование логической структуры документа и корректного HTML-кода; 6) обязательное наличие подписей к полям форм и логичная навигация; 7) разделение требований на обязательные и рекомендуемые.

Эти требования обеспечили слабовидящим пользователям повышение читаемости за счет масштабируемости текста, доступность экранного озвучивания за счет корректной разметки, понятную навигацию и формы, а также независимость восприятия информации от цветовых различий.

Однако цифровое пространство улучшилось в 1995 г., на место HTML пришли более сложные веб-приложения, основанные на JavaScript-интерфейсах, вследствие чего ввелось из-

менение в государственном стандарте Российской Федерации – введение ГОСТ Р 52871-2017 «Дисплеи для слабовидящих». Его положения: 1) введена системная модель доступности (POUR) – 4 принципа: воспринимаемость, управляемость, понятность, надежность; 2) повышена измеримость и проверяемость – четкие, тестируемые критерии успеха; 3) введена международная градация соответствия – уровни A, AA, AAA; 4) более строгая регламентация интерактивности – детализированные требования к фокусу, клавиатурной навигации, ошибкам форм.

В отличие от ГОСТ Р 52871-2007, редакция ГОСТ Р 52871-2017 повысила реальную функциональную самостоятельность слабовидящих пользователей в цифровой среде, сделав требования более строгими и применимыми на практике.

Если редакция 2017 г. обеспечила системный переход к 4 принципам доступности, то версия 2024 г. углубила и адаптировала требования к технологической трансформации цифровой среды. ГОСТом 2017 г. были введены и уточнены положения: 1) детализированы требования к мобильным интерфейсам и адаптивному дизайну; 2) уточнены методики расчета и случаи применения; 3) уточнены параметры масштабирования до 200–400 % без потери функциональности; 4) более строгие требования к видимости фокуса и последовательности переходов; 5) уточнены требования к понятности, предотвращению ошибок и повторному вводу; 6) более формализованные процедуры оценки и декларирования доступности.

Благодаря тому, что данная редакция была введена в июле 2025 г., то можно создавать более качественный адаптивный дизайн интерфейсов, версии для слабовидящих.

Следовательно, при создании интерфейса для слабовидящих надо соблюдать следующие требования:

Контраст. Коэффициент контрастности текста и фона должен быть не ниже 1000:1, а цветовая информация дублироваться текстом или символами. Это требования, заложенные в первых редакциях ГОСТ, гарантируют восприятие информации пользователями с дальтонизмом или пониженной чувствительностью к цвету.

Гибкость интерфейса. ГОСТ Р 52871-2024 требует корректного отображения контента при масштабировании до 400 %, а элементы интерфейса при этом должны оставаться функциональными; допустима персонализация, например отключение анимации, для снижения когнитивной нагрузки.

Семантика и навигация. Визуальная структура (заголовки, списки, таблицы) должна соответствовать логике кода. Для слабовидящих пользователей, использующих *Screen Reader* (программа для прочтения с экрана), важны правильные подписи к полям форм, видимые индикаторы фокуса и логическая последовательность элементов при навигации с клавиатуры.

Обязательное наличие текстовых альтернатив. С момента первого ГОСТа, ГОСТ Р 52871-2007, все нетекстовые элементы (изображения, иконки, графики) должны сопровождаться alt-текстом, обеспечивая доступность визуального контента для пользователей с частичной слепотой.

Выводы

Таким образом, анализ эволюции графических интерфейсов, ориентированных на слабовидящих, показал, что зарубежная индустрия веб-дизайна (как пример, *Apple, Google, WhatsApp*) и разработки цифровых продуктов опирается на международный стандарт WCAG. В России ему соответствует ГОСТ Р 52871, прошедший этапы стандартизации в 2007, 2017 и 2024 гг. Стандарт определяет ключевые требования доступности: текстовые подписи элементов интерфейса, альтернативные описания изображений и иерархию заголовков (A, AA, AAA) для навигации экранными считывателями (*Screen Reader*). При этом в России соблюдение данных требований обязательно преимущественно для государственных сайтов, тогда как доступность коммерческих и образовательных платформ зависит от инициативы их разработчиков, несмотря на наличие технических возможностей для создания более доступной цифровой среды.

Список литературы

1. Волкова А.А. Инклюзивное проектирование цифровых интерфейсов: методы и перспективы развития // Вестник Челябинского государственного университета. – 2024. – № 10 (492). – С. 167-173.

2. Грибина Я.Е., Васильев А.В. Особенности развития интерфейсов на современном этапе // В сборнике статей. – 2024. – С. 59-63

3. ГОСТ Р 52871-2017. Дисплеи для слабовидящих. Требования и характеристики – Москва: Стандартинформ, 2017 – 8 с.

4. ГОСТ Р 52871-2024. Дисплеи для слабовидящих. Основные характеристики – Москва: Российский институт стандартизации, 2024 – 8 с.

5. Инвалидов по зрению и слуху в России в 200 раз больше, чем по официальной статистике // GxP News. 2022. URL: https://gxpnews.net/2022/11/invalidov-po-zreniyu-i-sluhu-v-rossii-v-200-raz-bolshe-chem-po-oficzialnoj-statistike/ (дата обращения: 16.02.2026)

6. Попова Е.А., Таубе М.В. Методы проектирования цифровых экосистем в инклюзивном дизайне // В сборнике статей. – 2024. – С. 252-256

Капитонова Д.А.
студент,
dkapitonovakapitonova@yandex.ru
Научный руководитель: ***Дереза П.А.***
доцент,
Донецкий государственный университет,
Россия, Донецк

СТИЛИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ АРХИТЕКТУРЫ В ГРАФИКЕ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Аннотация. В статье рассматриваются выразительные возможности графических техник «линия», «штрих» и «пятно» при стилизации архитектурных объектов города Донецка. На основе трёх авторских графических работ анализируются особенности передачи исторической застройки, современной архитектуры и их взаимодействия с природными мотивами. Исследование направлено на выявление художественных закономерностей, определяющих формирование образа городской среды средствами ручной графики.

Ключевые слова: графика; архитектура; стилизация; Донецк; Юзовка; Донбасс Арена; Грин Плаза.

Актуальность исследования определяется необходимостью художественного осмысления архитектурного наследия Донецка, которое формирует визуальную идентичность региона. Город обладает многослойной историей – от индустриальной Юзовки до современного мегаполиса, что делает его архитектурную среду значимым объектом анализа в графике. Традиционные графические техники позволяют не только передать форму архитектурных объектов, но и выявить их символическое значение. Стилизация становится инструментом, который помогает дизайнеру интерпретировать городскую среду, сохраняя её историческую память и культурную ценность.

Целью исследования является изучение историко-культурного развития архитектурного облика города Донецка и выявление способов его художественной интерпретации в графике на основе серии авторских работ, включающих анализ визуальных особенностей архитектуры современных городских доминант, описание методов стилизации архитектурных и природных форм в техниках «линия», «штрих» и «пятно», а также определение потенциала полученных изображений для использования в практике дизайнера.

Основная часть

Архитектурно-градостроительное развитие Донецка представляет собой последовательный процесс трансформации индустриального поселения в современный мегаполис, где каждая историческая эпоха оставила свой неповторимый след в облике города [7; 9]. Отправной точкой этого процесса стал 1869 год, когда Джон Юз основал металлургический завод, вокруг которого начал формироваться рабочий посёлок Юзовка [4].

Первоначальная застройка носила сугубо утилитарный характер, полностью подчиняясь потребностям промышленного производства [1]. Кирпичные заводские корпуса, жилые бараки и административные здания отличались простыми геометрическими формами и строгой симметрией. Планировочная структура посёлка также формировалась под влиянием производственной логики: жилые кварталы концентрировались вокруг завода, а прямолинейная сеть улиц обеспечивала удобство транспортировки сырья и готовой продукции [6]. Прямые улицы не просто облегчали перемещение грузов – они задавали ритм всей жизни посёлка, подчёркивая его производственную сущность. Такая организация пространства создавала чёткую, геометрически упорядоченную структуру, ставшую основой будущего города. Постепенно, по мере роста социальной инфраструктуры, в застройке начали появляться новые типы зданий – магазины, церкви, школы и клубы [7].

Каждое новое сооружение становилось свидетельством перемен: люди уже не только работали, но и стремились обустроить свою жизнь, создать пространство для отдыха и общения. К началу XX века Юзовка превратилась в развитый населённый пункт с активной культурной жизнью – здесь действовали театральные труппы, библиотеки, различные общественные организации [4]. Возникавшие общественные пространства – небольшие скверы, площади, прогулочные улицы – становились центрами социальной жизни, формируя новую городскую среду, где индустриальное развитие гармонично сочеталось с культурным ростом.

Этот эволюционный процесс нашёл отражение в первой графической работе, выполненной в технике «линия» (рис. 1). Композиция, сопоставляющая старинное здание с чертами индустриального стиля и современный деловой центр, позволяет наглядно проследить трансформацию городского пространства. Линейная графика оказалась наиболее подходящим средством для выявления конструктивной чёткости исторических построек: вертикали кирпичных стен, ритм оконных проёмов и лаконичность фасадов передаются через систему чётких линий, создающих строгий индустриальный ритм [3;2]. Когда взгляд скользит вдоль этих линий, возникает ощущение незыблемости, основательности – словно перед нами застывшая хроника времени.

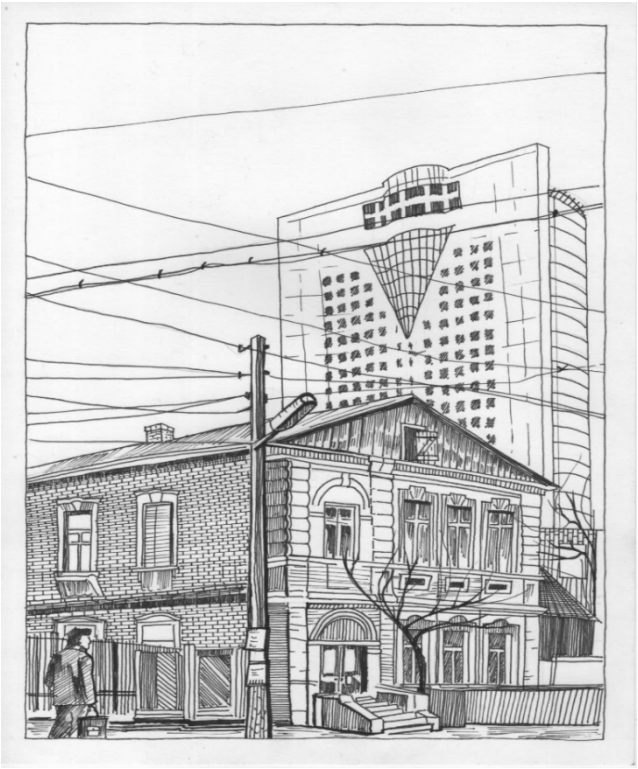


Рис. 1. Авторская стилизация старых и новых объектов архитектуры города

Контраст с современной архитектурой подчёркивает преемственность форм и функций в развитии города. Линии разной толщины акцентируют массивность исторических конструкций и лёгкость современных стеклянных фасадов, а контурный штрих выделяет силуэт

старого здания на фоне нового, создавая эффект диалога эпох – будто прошлое делится опытом с будущим, а настоящее внимательно слушает этот разговор.

Новый этап в архитектурной эволюции Донецка связан с появлением современных деловых объектов, одним из первых и наиболее значимых среди которых стал комплекс «Грин Плаза» [8]. Взглянув на это сооружение, сразу можно заметить её вертикальную композицию – здание словно стремится в небо, преодолевая земное притяжение. Большие стеклянные поверхности отражают окружающую среду и сами становятся частью городской панорамы.

Днём фасад переливается бликами, вечером – вспыхивает огнями подсветки, находящихся внутри магазинных витрин и офисных залов. Внутри и снаружи всё продумано до мелочей. Такое функциональное зонирование и развитая инфраструктура демонстрируют новый подход к организации городского пространства, ориентированный на создание комфортной среды для деловой активности и общественной жизни.

Линейная структура композиции играет ключевую роль в формировании визуальной логики изображения. Линия используется не только как средство очерчивания формы, но и как инструмент организации пространства, направления взгляда и создания ритмической структуры [2;3]. В данном изображении линии обладают различной степенью интенсивности и толщины, что позволяет дифференцировать планы, выделять значимые элементы и задавать динамику. Характер линий от мягких, плавных контуров до жёстких, акцентированных штрихов формирует эмоциональный тон работы. Плавные линии создают ощущение непрерывности и пластичности формы, тогда как более резкие и угловатые штрихи усиливают структурность и подчёркивают конструктивные элементы композиции. Направление линий также играет важную роль: диагональные линии вводят динамику и движение, вертикальные – подчёркивают устойчивость, а горизонтальные создают ощущение стабильности и протяжённости.

Образ «Донбасс Арены» лёг в основу двух графических работ, раскрывающих её архитектурные особенности через разные художественные техники. В изображении в технике «штрих» (рис. 2), показывается сооружение на фоне природных элементов. Это создаёт выразительный контраст между жёсткостью современных конструкций и мягкостью органических форм [5]. Длинные параллельные штрихи подчёркивают высоту и вертикальность здания, а короткие жёсткие штрихи в теневых зонах создают дополнительный контраст.

Рис. 2. Авторская стилизация лебедей на фоне города Донецка

Перекрёстная штриховка моделирует объём и передаёт игру света и тени на поверхности воды. Разреженная штриховка на освещённых участках имитирует отражающие свойства стекла, оставляя пространство для бликов, в то время как плотные штрихи в тени «утяжеляют» отдельные элементы, подчёркивая их массивность. Взаимодействие разных типов штриховки позволяет достичь высокой степени выразительности, где каждая деталь работает на создание цельного, монументального образа.

Штрих в композиции выступает как одно из ключевых средств моделирования формы, передачи объёма и создания фактурной выразительности [3]. Его структура формирует то-

нальные отношения и задаёт визуальную плотность изображения, позволяя мне как автору управлять восприятием глубины и материальности объекта. Разнообразие направлений, плотности и длины штрихов позволяет выстроить сложную систему светотеневых переходов и подчеркнуть пространственную глубину. Степень насыщенности штриховки, её ритм и распределение по поверхности изображения определяют уровень детализации и интенсивность визуального акцента. Плотные перекрёстные наложения создают глубокие тени и усиливают контраст, тогда как более редкие параллельные штрихи формируют мягкие полутона и плавные переходы. Направление штрихов подчинено форме объекта: они повторяют его конструктивные линии, усиливая ощущение объёма и подчёркивая логику пластического построения. В зонах смысловых акцентов применяется более жёсткая и концентрированная штриховка, что позволяет выделить ключевые элементы композиции.

Одним из знаковых объектов, определившим новый силуэт Донецка и сыгравшим значительную роль в трансформации его архитектурного облика, стал стадион «Донбасс Арена», построенный в 2006–2009 годах [9]. Архитектурная концепция изначально задумывалась как прорывная для Донецка: авторы стремились создать не просто место для спортивных мероприятий, а многофункциональный общественный центр. С самого начала внимание привлекала динамичная форма эллипса, придающая сооружению узнаваемый силуэт и позволяющая ему выделяться на фоне городской застройки. Многослойное стекло создаёт эффект прозрачности и лёгкости, одновременно выполняя практические функции.

Внутреннее пространство стадиона представляло собой многофункциональный комплекс, продуманный до мелочей. Центральное место занимало футбольное поле с натуральным газоном и системой подогрева, позволяющей поддерживать идеальное состояние покрытия в любое время года. «Донбасс Арена» не просто выполняла спортивную функцию – она становилась визуальным ориентиром, формирующим новый образ Донецка. Её архитектурные формы органично рифмовались с индустриальным пейзажем региона: острые линии перекликались с силуэтами терриконов и копров шахт, создавая узнаваемую панораму города и подчёркивая его идентичность.

Третья графическая работа, выполненная в технике «пятно», сосредотачивает внимание на крупных массах и силуэте сооружения (рис. 3). Здесь форма упрощается до основных объёмов, а детали отходят на второй план, что позволяет подчеркнуть монументальность стадиона и его роль в городском пространстве [2]. Крупные пятна цвета и тона создают впечатление масштабности, акцентируя внимание на пропорциях и силуэте объекта. Даже при минимальной детализации силуэт остаётся узнаваемым – он читается как символ города, его новый архитектурный код. Пятно обобщает форму, усиливая эмоциональную выразительность: перед зрителем предстаёт не просто спортивное сооружение, а значимый элемент городской идентичности, часть коллективного восприятия Донецка.

Рис. 3. Авторская стилизация здания «Донбасс Арена» в технике «пятно»

Пятно в композиции выступает не только как самостоятельное выразительное средство, а и определяющее тональную организацию изображения и формирующее крупные пластические массы. Тушь обеспечила высокую плотность тона и характерную глубину чёрного, что усиливает визуальную концентрацию и подчёркивает материальность изображаемых форм. Степень размытости, насыщенности и границы пятна определили его функцию в композиции: чётко очерченные тёмные пятна формируют конструктивные акценты, тогда как более размытые, растекающиеся участки создают атмосферные переходы и мягкие тональные связи окружающей среды. Пятно работает как средство укрупнения формы – оно объединяет отдельные элементы в цельные массы, задаёт ритм и определяет общую динамику изображения.

Вывод

Проведённый анализ архитектурных образов родного города позволил глубже осмыслить их историческую основу, особенности формирования городской среды и художественные возможности её интерпретации. В процессе исследования стало очевидно, что каждая из применённых графических техник раскрывает объект через собственный пластический язык: линия фиксирует конструктивные границы и структурные связи формы, штрих формирует тональные переходы и пространственную глубину, а пятно, выполненное тушью, задаёт крупные массированные акценты и усиливает эмоционально-образное восприятие силуэта.

Такое сопоставление позволило увидеть преемственность в обращении к городским мотивам и подтвердило, что стилизованные графические решения могут выступать самостоятельным художественным продуктом в дизайнерской практике. Дальнейшее применение графических работ возможно в качестве изображений для нанесения рисунка на брендированную продукцию, либо создание тематической полиграфической продукции на тему узнаваемых мест Донбасса.

Список литературы

1. Богданов И. А. Архитектура Донбасса. – Киев: Будівельник, 1980. – 176 с.
2. Волков Н. Н. Композиция в живописи и графике. – Москва: Искусство, 1985. – 256 с.
3. Голубев В. Н. Градостроительное развитие Донецка в XX веке. – Донецк: Регион, 2010. – 208 с.
4. Гордеев М. Юзовка – Донецк: историко-архитектурный очерк. – Донецк: Регион, 2017. – 192 с.
5. Донецк: архитектура и время. Сборник статей / Под ред. А. И. Литвинова. – Донецк: ДонНАСА, 2012. – 256 с.
6. Кишкань В. П. Силуэты Донецка: Архитектурно-художественный облик города. – Донецк: Донбасс, 1979. – 184 с.
7. Кравченко В. В. Донецк: история, события, люди. – Донецк: Донбасс, 2001. – 320 с.
8. Михайлов А. М. Искусство рисунка. – Москва: Академический проект, 2020. – 304 с.
9. Смирнов А. П. Архитектурные ансамбли Донецка. – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – 144 с.
10. Трошкин А. В., Дереза П. А. Монументальное искусство как средство организации архитектурно-пространственной среды центральной части города Донецка // Донецкие чтения 2020. – Донецк: ДонНУ, 2020. – С. 409–415.

Кольцов А.Р.
студент,
aleks60706@gmail.com
Научный руководитель: ***Саприкина П.А.***
доцент,
Донецкий государственный университет,
Россия, Донецк

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ИЛЛЮСТРАЦИЙ НАСЕКОМЫХ ДОНБАССА ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ ПЕЧАТНОЙ И СУВЕНИРНОЙ ПРОДУКЦИИ, СВЯЗАННОЙ С ВЫСТАВКОЙ НАСЕКОМЫХ

Аннотация. Возможности использования графических иллюстраций насекомых Донбасса в дизайне печатной и сувенирной продукции, предназначенной для энтомологических выставок. Интеграция иллюстраций в выставочную продукцию для решения задач экологического просвещения, формирования региональной идентичности и повышения экономической эффективности выставочных проектов.

Ключевые слова: графический дизайн; насекомые Донбасса; энтомологические выставки; печатная продукция; сувенирная продукция; экологическое просвещение; региональная идентичность.

Актуальность темы обусловлена необходимостью популяризации природного наследия региона, а также развитием выставочной деятельности, направленной на экологическое просвещение. Использование графических иллюстраций насекомых в печатной и сувенирной продукции позволяет не только привлечь внимание аудитории, но и донести информацию о роли этих организмов в природе.

Целью исследования является рассмотрение особенностей применения иллюстраций насекомых Донбасса в дизайне продукции для выставок, а также раскрытие их образовательного, культурного и эстетического значения.

Основная часть. В качестве объектов для графической интерпретации в данном исследовании выбраны виды, характерные для степной и лесостепной зон Донбасса: жук-олень (Lucanus cervus), жук-носорог (Oryctes nasicornis), бронзовка золотистая (Cetonia aurata), а также представители отрядов чешуекрылых и двукрылых, играющие важную роль в местных экосистемах. [1, с.44] Выбор этих объектов обусловлен не только их экологической значимостью, но и высокими пластическими свойствами – характерным силуэтом и фактурой, что делает их выразительной основой для графического дизайна.

Насекомые представляют собой одну из наиболее многочисленных и разнообразных групп живых организмов. В экосистемах они выполняют функции, обеспечивающие устойчивость природных процессов: участвуют в опылении растений, переработке органических веществ, и, одновременно с этим, поддерживают биоразнообразие.

Значение насекомых особенно ярко проявляется в структуре пищевых цепей – они занимают промежуточное положение между растениями и животными. Травоядные виды насекомых потребляют растительную массу, хищные регулируют численность других насекомых, и, в то же время, все они служат пищей для птиц, млекопитающих, земноводных и других организмов. [5]

Наглядное представление таких взаимосвязей можно выразить через визуальные образы. Например, сцена взаимодействия жука-носорога и жука-оленя символизирует конкуренцию внутри одного уровня экосистемы. Изображение жука-бронзовки, спасающегося от рыжей вечерницы, демонстрирует процесс охоты млекопитающих-хищников на насекомых. А сцена с лягушкой, словившей комара, показывает работу пищевой цепи.

Кроме того, насекомые играют важную роль как индикаторы состояния окружающей среды. Изменения в их численности и разнообразии могут свидетельствовать о нарушениях

экологического баланса. Для промышленно развитых регионов это имеет особое значение, так как позволяет оценивать влияние антропогенных факторов на природу.

Особую ценность для Донбасса представляют виды насекомых, занесённые в красную книгу и региональные списки охраняемых видов. К ним относится, например, жук-олень, численность которого сокращается из-за уничтожения старых дубрав – его естественной среды обитания. [5] Графическая иллюстрация таких видов в печатной продукции выполняет не только эстетическую, но и охранную функцию: визуальное знакомство с редким видом способствует формированию у населения установки на его сохранение, предотвращая уничтожение насекомых.

Хотя на выставках насекомых экспонируются коллекционные образцы погибших особей, именно такой подход помогает предотвращать уничтожение живых. Главное преимущество в том, что одно мёртвое насекомое можно показывать множество раз – тысячам посетителей, на протяжении многих лет. Если бы для каждой выставки или урока биологии отлавливали живых насекомых, их популяции несли бы колоссальные потери. Благодаря же музейным препаратам интерес к энтомологии удовлетворяется без повторного изъятия особей из экосистемы. Так, демонстрируя «застывшие» экспонаты, выставки позволяют не только изучить детали строения и окраски, но и сохранить живых насекомых в их естественной среде обитания – ведь один грамотно изготовленный образец работает очень долго, заменяя собой тысячи живых.

Интерес к насекомым обусловлен их необычной внешностью, которая проявляется в сочетании разнообразных форм и окрасок. Многие виды обладают выразительными визуальными характеристиками, которые делают их привлекательными для широкой аудитории. Жук-олень с характерными выростами, жук-носорог с мощным телосложением, бронзовка с металлическим блеском – все эти образы способны вызвать эмоциональный отклик и заинтересовать посетителей.

Выставочные проекты позволяют не только продемонстрировать внешний вид насекомых, но и раскрыть их роль в природе. Через визуальные и информационные материалы посетители получают представление о пищевых цепях, экологических взаимосвязях и значении сохранения биоразнообразия. Таким образом, выставки способствуют формированию бережного отношения к окружающей среде.

Печатная продукция является неотъемлемой частью любой выставки. Она выполняет информационную, образовательную и навигационную функции. Афиши привлекают внимание и информируют о мероприятии, буклеты содержат основные сведения о представленных экспонатах, а каталоги позволяют более подробно ознакомиться с экспозицией. [4, с.13]

Сувенирная продукция играет важную роль в закреплении впечатлений посетителей. Она позволяет сохранить память о выставке и способствует распространению информации за её пределами.

Визуальные образы, основанные на сценах из жизни насекомых и других обитателей Донбасса, могут быть адаптированы для различных форматов продукции – они обладают высоким выразительным потенциалом и легко запоминаются.

Сувенирная продукция также способствует формированию визуального бренда мероприятия. Кроме того, она имеет материальную ценность, выступая дополнительным источником финансирования выставочных проектов. [6, с.18]

Помимо традиционных афиш, буклетов и каталогов, специфика энтомологической выставки открывает возможности для создания специализированных сувенирных линеек. Это могут быть наборы открыток с «паспортом» насекомого на обороте (название, среда обитания, тип питания), познавательные магниты и значки для детей с изображением пищевых цепей, а также коллекционная продукция с изображениями наиболее зрелищных видов Донбасса. Функциональные сувениры, такие как шопперы с принтами жуков-носорогов или футболки с графическими паттернами из силуэтов местных чешуекрылых, работают как «тихая реклама» выставки и природного наследия региона за её пределами.

Насекомые, населяющие Донецкий регион, представляют собой подходящий материал для графического воплощения благодаря разнообразию форм, фактур и пластики движений.

В рамках подготовки печатной и сувенирной продукции для выставки были созданы три иллюстрации, каждая из которых решена в индивидуальной стилистике и технике, что позволяет максимально полно раскрыть как эстетическую природу объектов, так и их экологическое значение.

Первая иллюстрация посвящена двум крупным представителям энтомофауны региона – жуку-носорогу и жуку-оленю, застывшим в напряжённой позиции перед столкновением. Эта работа выполнена в декоративном стиле с использованием техники пятна. Силуэты насекомых обобщены, лишены мелких деталей, но благодаря контрастным пятнам различной плотности и чёткой композиции сохраняют полную узнаваемость. Плоскостное решение и монохромная гамма придают изображению монументальность и символичность, превращая сцену конкурентной борьбы в узнаваемый образ, который легко считывается с расстояния. Такой подход особенно уместен для крупноформатных плакатов, афиш, а также для нанесения на текстиль или твёрдые поверхности сувениров (сумки, футляры, значки), где важны как выразительный силуэт, так и декоративность. Описанное изображение показано на рисунке 1.

Рис. 1. Противостояние жуков (пятно)

С данным изображением разработан пример продукции – шоппер из ткани. Его вид показан на рисунке 2.

Рис. 2. Шоппер с первой иллюстрацией

Вторая иллюстрация передаёт динамичный момент охоты: жук-бронзовка стремительно улетает от рыжей вечерницы – летучей мыши, обитающей на Донбассе. Здесь использован реалистичный стиль и техника штриха. Штриховка позволяет воссоздать фактуру надкрыль-

ев бронзовки с их металлическим отливом, бархатистую поверхность крыла вечерницы и натяжение крыльев в момент полёта. Реалистичность изображения способствует точной передаче зоологических деталей, что делает иллюстрацию ценной для образовательных целей: её можно размещать в буклетах, каталогах, на информационных стендах, где необходимо подробное знакомство с видами и их поведением. В то же время динамика композиции сохраняет высокую художественную выразительность, позволяя использовать работу и в серийной сувенирной продукции – например, в наборе открыток, и в качестве самостоятельного графического листа. Данная сцена показана на рисунке 3.

Рис. 3. Сцена охоты (штрих)

С данной иллюстрацией также создан пример информационной листовки, он показан на рисунке 4.

Рис. 4. Листовка со второй иллюстрацией

Третья работа изображает лягушку, которая поймала комара длинным языком. Эта иллюстрация выполнена в технике графического рисунка чёрной ручкой. Язык лягушки, извиваясь, заполняет собой почти всю плоскость листа, создавая динамичный, почти абстрактный ритм линий, который контрастирует с телом амфибии и мелким насекомым. Такой приём позволяет наглядно продемонстрировать главный момент пищевой цепи – поедание насекомого более крупным хищником – и одновременно превращает изображение в эффектную декоративную композицию. Из-за обилия изогнутых и ломанных линий данная иллюстрация подходит только для воспроизведения на форматах, которые будут рассматриваться в близи: значках, магнитах, буклетах, а также принтов на футболки и паспортных обложек. Данная иллюстрация показана на рисунке 5.

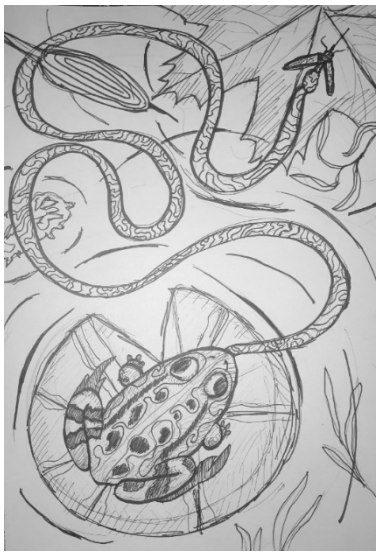


Рис. 5. Лягушка словила комара (линия)

Данная сцена легла в основу дизайна футболки. Пример готового дизайна показан на рисунке 6.

Рис. 6. Футболка с принтом на основе третьей иллюстрации

Все три описанные работы объединяет то, что их герои – реальные обитатели Донбасса, чьи жизненные циклы и взаимодействия составляют основу местных экосистем. Разнообразие стилистических и технических решений (декоративное пятно, реалистичный штрих, графический рисунок ручкой) позволяет использовать иллюстрации на всех видах печатной и сувенирной продукции – от крупноформатных афиш до малых сувенирных форм, обеспечивая и информационную насыщенность, и эстетическую привлекательность. Применение подобного спектра визуальных языков делает выставочную продукцию целостной, но не однообразной, а каждая иллюстрация, благодаря своей художественной специфике, решает определённые задачи: привлекает внимание, несёт образовательную ценность и создаёт запоминающийся образ.

Выводы. Таким образом, применение иллюстраций, основанных на реальных обитателях Донбасса, позволяет создать уникальный визуальный код, отражающий природное многообразие региона. Интеграция графических иллюстраций в печатную и сувенирную продукцию решает задачи экологического просвещения (через визуализацию пищевых цепей и охраняемых видов), региональной идентичности (через актуализацию уникальной фауны Донецкого региона) и экономической устойчивости выставочных проектов (через создание востребованной у посетителей сувенирной линейки).

Список литературы

1. Амолин А.В. Обзор коллекции насекомых (Insecta) в экспозиции Зоологического музея Донецкого государственного университета // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. № 1-2. С. 41–54.
2. Биологическое краеведение Донбасса. Животный мир. 7 (8) класс: Учебное пособие / Сост. Антропова О.В., Андреева Е.А. Донецк: Истоки, 2016. 144 с.
3. Губин А.И., Мартынов В.В. Аннотированный список жуков-усачей (Coleoptera: Cerambycidae) Донбасса // Полевой журнал биолога. 2023. № 5(2). С. 144–185. DOI: 10.52575/2712-9047-2023-5-2-144-185.
4. Дергилёва Е.Н. Дизайн рекламно-информационных листовок и листовочных брошюр: специальность 17.00.06 «Техническая эстетика и дизайн»: диссертация на соискание ученой степени кандидата искусствоведения. Москва: Московский государственный университет дизайна и технологии, 2016. 221 с.
5. Красная книга Донбасса. URL: https://ecoportal.info/krasnaya-kniga-donbassa-doneckoj-oblasti/?ysclid=mn7lq4jz58173947561 (дата обращения: 07.04.2026).
6. Кузьмина М.С. Проектирование. Дизайн-проектирование сувенирной продукции и упаковки: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2024. ISBN 978-5-8259-1624-8.
7. Цепи и сети питания. Экологическая пирамида. URL: https://foxford.ru/wiki/biologiya/tsepi-i-seti-pitaniya-ekologicheskaya-piramida (дата обращения: 08.04.2026).

Копылова О.А.
студент,
Kopylovaoa415@mgpu.ru
Научный руководитель: ***Пучкова Н.Н.***
к.п.н., доцент,
Московский городской педагогический университет,
Россия, Москва

СИСТЕМНАЯ АЙДЕНТИКА КАК МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ВОСПРИЯТИЯ АУДИТОРИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ КОММУНИКАТИВНЫХ ФУНКЦИЙ ВИРТУАЛЬНЫХ БЛОГЕРОВ

Аннотация. В статье рассматриваются виртуальные блогеры как результат коммуникативного дизайна и предлагается их интерпретация в качестве дизайн-системы. Вводится понятие «системная айдентика блогера», включающее визуальные, поведенческие и коммуникативные компоненты цифрового образа. Обосновывается, что согласованность этих элементов определяет уровень доверия, вовлечённости и интерпретации контента аудиторией. Показано, что виртуальные блогеры выступают инструментом управляемого медиавлияния, а их проектирование требует комплексного подхода, объединяющего дизайн, технологии и стратегию коммуникации.

Ключевые слова: виртуальные блогеры; коммуникативный дизайн; системная айдентика; цифровая коммуникация; брендинг; медиавлияние; визуальный образ.

Цифровизация коммуникационных процессов и развитие технологий искусственного интеллекта обусловили появление новых форм взаимодействия между брендом и аудиторией. Одним из наиболее значимых явлений последних лет стали виртуальные блогеры, функционирующие в медиапространстве наравне с реальными инфлюенсерами. Их популярность связана не только с технологическими возможностями генерации визуального и текстового контента, но и с изменением логики коммуникации в цифровой среде [3].

В существующих исследованиях виртуальные блогеры преимущественно рассматриваются как инструмент маркетинга или разновидность медиаобъектов. Однако, подобный подход не позволяет в полной мере объяснить механизмы их воздействия на аудиторию. В отличие от традиционных инфлюенсеров, виртуальные блогеры изначально проектируются как целостные структуры, в которых каждый элемент от визуального образа до модели поведения задаётся на этапе разработки.

В связи с этим, возникает необходимость рассмотрения виртуального блогера в рамках коммуникативного дизайна, как системы передачи смыслов. Такой подход позволяет перейти от анализа медиапродукта к исследованию механизмов его конструирования.

Научная новизна исследования заключается в предложении подхода к рассмотрению виртуального блогера как дизайн-системы и введении понятия системной айдентики, что позволяет перейти от анализа контента к исследованию механизмов проектирования цифровой личности и её воздействия на аудиторию.

Механизмы формирования восприятия и коммуникации, их роль в проектировании коммуникативных функций виртуальных блогеров

Коммуникативный дизайн определяется как процесс проектирования передачи информации и смыслов с использованием визуальных, текстовых и поведенческих средств. В контексте цифровой среды он выходит за рамки графического оформления и охватывает комплексно коммуникационные модели.

С этой точки зрения виртуальный блогер представляет собой не отдельный медиапродукт, а результат системного проектирования. В рамках данного исследования предлагается рассматривать его как дизайн-систему, включающую взаимосвязанные элементы, обеспечивающие целостность образа и предсказуемость коммуникации. Вводимое понятие «системная айдентика блогера» позволяет зафиксировать данную структуру на теоретическом уровне [2]. Под системной айдентикой понимается совокупность согласованных визуальных, поведенческих и коммуникативных характеристик, формирующих устойчивый цифровой образ и обеспечивающих его узнаваемость и эффективность.

В отличие от традиционного брендинга, где айдентика ограничивается визуальной идентификацией, в цифровой среде, она включает поведение и коммуникацию [4]. Системная айдентика виртуального блогера формируется как совокупность взаимосвязанных уровней, обеспечивающих целостность восприятия и взаимодействие с аудиторией. В ходе исследования были выделены основные уровни формирования восприятия цифровой модели и определена их роль в коммуникативном воздействии на пользователя:

1. Визуальный уровень задаёт первичное восприятие персонажа. Включает внешний облик, стилистические решения, цветовую палитру и степень реалистичности.

2. Поведенческий уровень формирует представление о «личности» блогера. Он включает характер, модели реагирования, сценарии взаимодействия с аудиторией и особенности подачи контента. Поведенческая согласованность играет ключевую роль в создании эффекта субъектности, благодаря которому цифровой персонаж воспринимается как автономный участник коммуникации.

3. Коммуникативный (взаимодействие) уровень отвечает за смысловое наполнение образа. Включает тон коммуникации, тематическую направленность и систему транслируемых ценностей. Именно на этом уровне происходит формирование устойчивой связи между блогером и аудиторией, основанной на совпадении смысловых установок.

4. Технологический уровень обеспечивает реализацию и масштабируемость всех перечисленных компонентов. Использование нейросетевых моделей, систем генерации контента и анимации позволяет поддерживать непрерывность коммуникации и адаптировать её под изменяющиеся условия.

Нарушение согласованности элементов снижает эффективность коммуникации и целостность восприятия. С позиций когнитивной психологии согласованность облегчает обработку информации (processing fluency), повышая ощущение узнаваемости, достоверности и положительного отношения. Повторяемость визуальных и поведенческих паттернов формирует устойчивые ассоциации: в соответствии с эффектом простого воздействия (mere-exposure), многократное предъявление стимулов (визуальные, звуковые, текстовые и др.) повышает их узнаваемость и субъективную привлекательность.

Анализ наиболее успешных цифровых моделей блогеров

Виртуальный блогер Lil Miquela, один из наиболее известных цифровых инфлюенсеров, характеризуется визуальным образом с высокой степенью фотореалистичности при сохранении лёгкой стилизации, позволяющей избежать эффекта «зловещей долины» [1]. Визуальная айдентика строится на сочетании повседневной эстетики и элементов fashion-индустрии, что формирует одновременно доступный и актуальный образ. Цветовая палитра и стилистика публикаций оформлены единообразно с преобладанием мягких, нейтральные оттенков, характерных для социальных медиа. Такая согласованность помогает воспринимать и повышать узнаваемость персонажа.

Поведение блогера повторяет реального пользователя социальных сетей, показывая это через регулярные публикации, реакции на события, демонстрацию личной жизни, интеграцию брендов и взаимодействие с аудиторией. Такая модель остаётся контролируемой и сохраняет стабильный узнаваемый образ персонажа.

Тон коммуникации блогера более неформальный, но при этом структурированный это создает баланс между ощущением «живого» общения и задачами стратегического направленностью [5].

Персонаж закладывает определенный ценностный уровень охватывая темы самоидентификации, цифровой культуры и самовыражения, способствуя формированию связи с аудиторией.

Технологическая реализация обеспечивает визуальную консистентность образа, высокое качество контента и его кроссплатформенную интеграцию, при этом не выступая объектом осознанного восприятия пользователя, что усиливает эффект реалистичности цифрового образа.

Все уровни айдентики Lil Miquela согласованы между собой Визуальный образ соотнсится поведенческой модели, поведение поддерживает стратегию коммуникации, а коммуникация формирует целостное восприятие. Образ блогера легко узнаваем и воспринимается аудиторией как последовательный. Lil Miquela – это пример эффективной, согласованной визуальной айдентики.

Виртуальный блогер Shudu, позиционируемый как цифровая супермодель, характеризуется высокореалистичным визуальным образом, соответствующим стандартам fashion-индустрии. Визуальная айдентика данного виртуального блогера строится на эстетике высокой моды и глянцевой фотографии, формируя образ премиальности и идеализированной красоты.

Цветовая палитра и стилистика публикаций отличаются контрастностью и акцентом на профессиональную постановку кадра, что усиливает выразительность и узнаваемость образа.

Поведенческая модель блогера построено по принципу сдержанности, отсутствует ежедневный контент, в котором отражена личная жизнь. В сравнение с другими моделями, Shudu функционирует как медийный образ, с отсутствием спонтанных реакций. Все публикации направлены на демонстрацию визуального контента и не затрагивают личную жизнь.

При такой коммуникации текст выполняет вспомогательную функцию, а тон коммуникации нейтрален, такое позиционирование соответствует сегменту высокой моды.

Образ формируется через эстетику и визуальную культуру, за счет чего и формируется тип взаимодействия, основанный на визуальном восприятии. Блогер создан с высокой детализацией и фотореалистичностью схожей с настоящим человеком.

Анализ показывает, что все уровни айдентики Shudu также находятся в высокой степени согласованности: визуальный образ соответствует сдержанной поведенческой модели, поведение поддерживает репрезентативную коммуникацию, а коммуникация усиливает восприятие персонажа как цифрового fashion-символа. В результате образ воспринимается как целостный, стилистически последовательный и легко узнаваемый, однако формирует иной тип вовлечённости, основанный не на ощущении «личности», а на эстетической ценности. Shudu демонстрирует альтернативную модель системной айдентики, в которой согласованность элементов обеспечивает не эмпатийное взаимодействие, а устойчивое позиционирование в визуально-ориентированной среде.

Анализ виртуальных блогеров, ориентированных на fashion-сегмент, показывает, что независимо от степени реалистичности образа их эффективность определяется согласованностью визуального, поведенческого и коммуникативного уровней. В обоих рассмотренных кей-

сах формируется целостная системная айдентика: визуальный образ поддерживается соответствующей поведенческой моделью, а коммуникация закрепляет заданное позиционирование. При этом различия проявляются в типе вовлечённости: в человекоподобных моделях она основана на эмпатии и ощущении «личности», тогда как в моделях, ориентированных на эстетику высокой моды, она определяется визуальной ценностью и символическим восприятием.

В результате формируется устойчивый и узнаваемый образ, который воспринимается как логичный, последовательный и профессионально спроектированный, что подтверждает значимость системной согласованности как ключевого фактора доверия и эффективности коммуникации.

Сопоставление рассмотренных кейсов (табл.) позволяет выделить два подхода к формированию системной айдентики виртуальных блогеров: человекоподобный, ориентированный на имитацию поведения и формирование эмпатийной связи с аудиторией, и эстетико-репрезентативный, основанный на визуальной выразительности и символическом восприятии образа. Выделение данных подходов показывает, что системная айдентика может формироваться по различным моделям, однако её эффективность определяется степенью согласованности визуальных, поведенческих и коммуникативных элементов, обеспечивающих целостность восприятия, узнаваемость и доверие аудитории.

Таблица

Сравнительный анализ кейсов виртуальных блогеров

Параметр	Человекоподобная модель (Lil Miquela)	Fashion-модель (Shudu)
Характеристика визуального образа	Фотореализм с элементами повседневности	Фотореализм, ориентированный на высокую моду
Характер образа	Социально приближённый, «человеческий»	Идеализированный, эстетически сконструированный образ
Поведенческая модель	Активная, имитирующая реального пользователя	Минималистичная, ограниченная
Коммуникация	Персонализированная, повествовательная	Сдержанная, визуально ориентированная
Tone of voice	Разговорный, «человечный»	Нейтральный, дистанцированный
Тип вовлечённости	Эмпатийный, через ощущение «личности»	Эстетический, через визуальное восприятие
Функция образа	Социальный субъект	Медийный символ
Основа узнаваемости	Поведенческая и визуальная согласованность	Визуальная и стилистическая целостность

Заключение

Виртуальные блогеры представляют собой сложные коммуникационные конструкции, в которые интегрируются технологии искусственного интеллекта и принципы коммуникативного дизайна. Их эффективность определяется не только качеством визуальной реализации, но и степенью согласованности всех элементов системной айдентики.

Рассмотрение виртуального блогера как дизайн-системы открывает новые перспективы для исследований в области цифровой коммуникации, позволяя анализировать не только результаты, но и процессы формирования медиавлияния.

Список литературы

1. Карасева О. «Как работает эффект зловещей долины» // URL:https://t-j.ru/uncanny-valley/?utm_referrer=https %3A %2F %2Fwww.google.com %2F

2. Копылова О. А. Анализ современных сервисов по созданию виртуальных блогеров на мировом рынке / О. А. Копылова, Н. Н. Пучкова // Инновационные подходы в творческом образовании: Сборник статей. – М.: ООО "Учебный центр "Перспектива", 2025. – С. 809-817.

3. Копылова О. А. Создание виртуальных блогеров и их влияние на общественное мнение / О. А. Копылова // Проблемы и перспективы дистанционного образования в области искусства и дизайна: Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции, 5 декабря 2024 года. – Херсон: Изд-во ХГПУ, 2025. – С. 33-36.

4. Лупоокова С. «ИИ-аватар для бизнеса: как создать виртуального инфлюенсера, который работает 24/7» // URL: https://www.sostav.ru/blogs/283819/76040

5. Морган К., The Impact of Tone of Voice on Users' Brand Perception. URL: https://www.nngroup.com/articles/tone-voice-users/

Пятибрат Е.М.
студент,
elizavetaPyatibrat@yandex.ru
Научный руководитель: ***Гусова Д.Т.***
к.т.н., доцент,
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство),
Россия, Москва

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ

Аннотация. В статье рассматривается онтологическая трансформация художественного образа в условиях цифровой среды. Анализируется изменение его статуса, структуры и способов существования в контексте алгоритмизации, интерактивности и сетевой циркуляции. Особое внимание уделяется переходу от материально закреплённого образа к процессуальной и вариативной форме. Исследование опирается на философию искусства, семиотику и медиа-теорию и предлагает авторскую модель цифрового художественного образа.

Ключевые слова: художественный образ; цифровое искусство; онтология образа, медиум; интерактивность; визуальная культура; авторство.

Введение

Цифровизация художественного производства стала одним из ключевых факторов трансформации современной визуальной культуры и привела к изменению онтологических оснований художественного образа. Развитие алгоритмических систем, интерактивных интерфейсов, сетевых платформ и технологий искусственного интеллекта изменяет не только способы создания изображения, но и его статус как эстетического феномена. В цифровой среде художественный образ утрачивает фиксированную материальную форму и приобретает процессуальный и вариативный характер.

Проблема исследования связана с необходимостью переосмысления базовых категорий искусствознания – авторства, медиума, подлинности и восприятия – в условиях цифровой медиареальности. Несмотря на наличие работ, посвящённых цифровому искусству, художественный образ часто рассматривается описательно, без фиксации аналитической процедуры и критериев исследования, что снижает научную строгость.

Теоретическую основу составляют труды В. Беньямина, М. Маклюэна, Л. Мановича, Ж. Бодрийяра, а также исследования в области семиотики и философии искусства. Однако остаётся недостаточно разработанной проблема системного анализа художественного образа как онтологической категории в цифровой среде.

Объект исследования – художественный образ в современном искусстве. Предмет – его онтологическая трансформация в цифровой среде. Цель – выявить ключевые изменения художественного образа и сформулировать модель его существования.

Методология включает сравнительно-аналитический, структурно-семиотический и медиа-аналитический подходы. Единицей анализа является художественный образ в конкретном произведении. Анализ проводится по критериям медиальности, способа формообразования, вариативности, авторства, восприятия и контекста циркуляции.

1. Художественный образ в традиционной онтологической парадигме

В традиционном искусстве художественный образ рассматривался как целостная форма отражения действительности, закреплённая в материальном носителе. Живопись, скульптура и архитектура задавали устойчивые границы существования образа, обеспечивая его физическую неизменность и завершённость.

Онтология художественного образа основывалась на принципах материальности и авторской интенциональности. Произведение воспринималось как автономный объект с устойчивой структурой, а автор выступал единственным источником художественного высказывания. Даже при множественности интерпретаций форма произведения оставалась неизменной.

Материальный носитель обеспечивал уникальность и подлинность образа, формируя его «ауру» (по В. Беньямину). Пространственная локализация произведения определяла условия восприятия, а зритель занимал позицию интерпретатора, но не участника формирования образа.

Даже в модернистских практиках, несмотря на усложнение визуального языка, сохранялась привязка к материальной форме. Таким образом, художественный образ существовал как завершённый объект со стабильной структурой и относительно фиксированным смыслом.

2. Цифровая среда и онтологический сдвиг художественного образа

С развитием цифровых технологий происходит переход от материальной к информационной онтологии художественного образа. Образ перестаёт существовать как физический объект и становится результатом вычислительных процессов, представленных в форме данных и кода.

Ключевым фактором трансформации становится алгоритмизация. В цифровом искусстве форма создаётся не вручную, а посредством алгоритмов, определяющих возможные варианты изображения. Это приводит к появлению вариативности: образ существует как множество потенциальных реализаций.

Цифровая среда изменяет и пространственно-временные характеристики образа. Он теряет локализацию, может одновременно существовать на разных платформах и воспроизводиться без потери качества. Это размывает границы между оригиналом и копией и ставит под сомнение категорию подлинности.

Медиум приобретает активную роль: программные интерфейсы и платформы задают структуру восприятия и формообразования. В результате художественный образ становится зависимым от технологической среды и приобретает процессуальный характер

3. Анализ цифрового художественного образа на основе кейсов

Для фиксации онтологических изменений применяется анализ трёх репрезентативных кейсов.

Ранний компьютерный арт демонстрирует переход к алгоритмической природе образа. В генеративных работах, основанных на математических моделях, изображение возникает как результат вычислений. Образ не задан заранее, а формируется в процессе выполнения программы. Авторство проявляется в разработке алгоритма, а не в создании конкретной формы.

Интерактивные проекты показывают переход к событийной природе образа. В цифровых инсталляциях визуальная структура зависит от действий зрителя. Образ возникает только в процессе взаимодействия и не может быть воспроизведён в идентичном виде. Зритель становится соучастником, а авторство приобретает распределённый характер.

AI-art демонстрирует наиболее радикальную трансформацию. Художественный образ формируется как вероятностная структура на основе обученных нейросетей. Он зависит от данных, параметров модели и случайности генерации. Автор выполняет роль куратора процесса, а не создателя формы.

Сопоставление кейсов позволяет выявить переход от статичной объектной модели к процессуальной, вариативной и алгоритмически обусловленной форме художественного образа.

4. Авторская модель цифрового художественного образа

На основе анализа предлагается модель, описывающая художественный образ как систему взаимодействия четырёх элементов: медиума, алгоритма, пользователя и сетевого контекста.

Медиум задаёт технические условия существования образа и выступает активным фактором формообразования. Алгоритм определяет структуру и вариативность визуальной формы, заменяя традиционный художественный жест.

Пользователь участвует в актуализации образа, влияя на его параметры и восприятие. Это делает зрителя частью онтологической структуры произведения.

Сетевой контекст обеспечивает циркуляцию образа, его трансформацию и множественность интерпретаций.

В данной модели художественный образ понимается как динамическая и процессуальная структура, существующая в форме данных и реализующаяся в процессе взаимодействия. Он перестаёт быть объектом и становится событием.

Заключение

Исследование показало, что цифровизация приводит к глубокой онтологической трансформации художественного образа. В традиционной парадигме он существовал как материально закреплённый, завершённый и устойчивый объект, связанный с авторской интенцией. В цифровой среде образ утрачивает эти характеристики и приобретает процессуальность, вариативность и зависимость от медиума.

Ключевыми признаками трансформации являются алгоритмизация, множественность форм, распределённое авторство, интерактивность и сетевой характер существования. Художественный образ становится результатом взаимодействия человека, технологии и среды.

Разработанная модель позволяет рассматривать цифровой художественный образ как динамическую систему, существующую в режиме становления. Это требует пересмотра традиционных искусствоведческих категорий и разработки новых методов анализа.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением когнитивных аспектов восприятия цифровых образов, критериев художественной ценности в условиях AI-art и проблем сохранения цифрового художественного наследия.

Список литературы

1. Беньямин В. Произведение искусства в эпоху его технической воспроизводимости. Избранные эссе. – М.: Медиум, 1996. – С. 15–65.
2. Бодрийяр Ж. Симулякры и симуляция. – М.: Постум, 2015. – 240 с.
3. Гадамер Г.-Г. Истина и метод. Основы философской герменевтики. – М.: Прогресс, 1988. – 704 с.
4. Гройс Б. О новом. Опыт экономики культуры. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2015. – 240 с.
5. Гройс Б. В потоке. Искусство и деньги в эпоху цифрового воспроизводства. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2018. – 176 с.
6. Инглхарт Р., Вельцель К. Модернизация, культурные изменения и демократия. – М.: Новое издательство, 2011. – 464 с.
7. Краусс Р. Подлинность авангарда и другие модернистские мифы. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2003. – 320 с.
8. Лосев А. Ф. Диалектика художественной формы. – М.: Искусство, 1995. – 352 с.
9. Лотман Ю. М. Структура художественного текста. – М.: Искусство, 1970. – 384 с.
10. Маклюэн М. Понимание медиа: внешние расширения человека. – М.: Канон-пресс-Ц, 2003. – 464 с.
11. Манович Л. Язык новых медиа. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2018. – 400 с.
12. Мерло-Понти М. Феноменология восприятия. – СПб.: Ювента, 1999. – 608 с.
13. Митчелл У. Дж. Т. Что хотят изображения? Жизнь и любовь образов. – М.: Ад Маргинем Пресс, 2017. – 336 с.
14. Рыклин М. К. Искусство и власть. – М.: Логос, 2002. – 256 с.
15. Флюссер В. К философии фотографии. – СПб.: Издательство Ивана Лимбаха, 2016. – 192 с.

16. Шкловский В. Б. Искусство как приём // Шкловский В. Б. Теория прозы. – М.: Советский писатель, 1983. – С. 7–24.
17. Иностранные источники
18. Manovich L. The Science of Culture? Social Computing, Digital Humanities, and Cultural Analytics // Journal of Cultural Analytics. – 2016. – Vol. 1, No. 1.
19. McCosker A., Wilken R. Rethinking Digital Media and Audience Studies. – London: Routledge, 2020. – 256 p.
20. Miller A. I. Creativity and Style in GAN and AI Art: Some Art-Historical Reflections // Leonardo. – 2019. – Vol. 52, No. 5. – P. 456–462.
21. Elgammal A. et al. CAN: Creative Adversarial Networks, Generating Art by Learning About Styles and Deviating from Style Norms // Proceedings of the International Conference on Computational Creativity. – 2017. – P. 96–103.
22. Paul C. Digital Art. – London: Thames & Hudson, 2015. – 320 p.
23. Quaranta D. Beyond New Media Art. – Brescia: LINK Editions, 2013. – 256 p.

Радченко С.С.
студент,
radchenkosofia@mail.ru
Научный руководитель: ***Дереза П.А.***
доцент,
Донецкий государственный университет,
Россия, Донецк

СТИЛИЗАЦИЯ ФОРМЫ ДОНЕЦКОГО ВОЛКА В ГРАФИКЕ НА ПРИМЕРЕ ВОЛКА СЕРОГО

Аннотация. В данной работе рассматривается стилизация формы донецкого волка на примере серого волка в графике. Исследование направлено на выявление выразительных возможностей различных графических средств: пятна, штриха и линии.

Ключевые слова: штрих, пятно, линия, волк, графика, графическое изображение.

Актуальность темы обусловлена тем, что в изобразительном искусстве особое значение приобретает поиск выразительных средств, позволяющих передавать образ через обобщение и стилизацию формы. Изучение различных графических техник («пятно», «штрих», «линия») помогает художнику не только освоить основы композиции, но и научиться передавать характер и состояние объекта минимальными средствами. Образ донецкого волка как представителя местной фауны является значимым с точки зрения художественного осмысления природы родного края. Стилизация формы волка позволяет раскрыть его пластические и эмоциональные особенности, а также показать возможности графики как языка художественного выражения.

В процессе изучения данной темы автор раскрывает выразительные возможности графических средств (пятно, штрих и линия), особенности стилизации формы животного, а также способы передачи характера и эмоционального состояния образа донецкого волка через различные художественные приёмы.

Целью исследования является изучение особенностей стилизации формы донецкого волка в графике и выявление выразительных возможностей различных графических техник при создании художественного образа.

Основная часть

Донецкий волк (серый волк) является единственным представителем семейства волчьих, обитающим на территории Донецкого региона. Он встречается в степных и лесостепных зо-

нах, предпочитая уединённые участки с минимальным вмешательством человека. Этот хищник играет важную роль в природной экосистеме, являясь символом дикой природы края.

Графические техники существенно влияют на восприятие художественной работы и характер образа. Использование техник «пятно», «штрих» и «линия» позволяет по–разному передавать форму, движение и эмоциональное состояние объекта. Благодаря этому художник может управлять настроением композиции и глубже раскрывать образ через выразительные средства графики. Все эти черты существенно влияют на данную тему образа волка, как независимого от человека существа.

Автор выполнил графическую иллюстрацию (рис. 1), в которой донецкий волк изображён в движении – он медленно приближается к своей цели охоты. Работа выполнена в технике штриховой графики.

Рис. 1. Авторская стилизация донецкого волка на охоте, техника «штрих»

Основным выразительным средством является штрих – повторяющиеся линии различной длины, направления и плотности. Штрих позволяет передавать форму, объём и фактуру, а также усиливает динамику изображения. В данной работе используются пересекающиеся и направленные штрихи, передающие тени и нахождение волка и других объектов в пространстве [2].

Эта техника наиболее подходит для передачи энергии и напряжения сцены композиции. Тени деревьев от солнца придают мрачность иллюстрации и «безысходность» добычи. Штриховая графика делает изображение более экспрессивным и эмоциональным, усиливая ощущение дикой природы и внутренней силы животного.

Композиционное решение подчёркивает направленность движения волка и фокусирует внимание зрителя на его цели. Контраст светлых и тёмных участков усиливает драматизм сцены и создаёт эффект глубины пространства. В целом работа демонстрирует выразительные возможности штриховой графики в передаче динамики, настроения и характера образа.

Автор выполнил графическую иллюстрацию (рис. 2), изображающую донецкого волка в момент прыжка. Он словно вырывается из пространства, оставляя за собой след движения, как символ свободы и независимости.

Рис. 2. Авторская стилизация донецкого волка в прыжке, техника «линия»

Работа выполнена в технике «линейная графика». Основным выразительным средством является линия – главный элемент графики, с помощью которого обозначаются контуры, форма и движение. В работе используются уверенные контурные линии разной толщины для передачи приближения волка.

Данная техника наиболее подходит для передачи пластики и характера образа. Линия позволяет упростить форму, сделать её выразительной и символичной. Благодаря этому внимание зрителя концентрируется на движении и силуэте волка, а также на том, как после его прыжка разлетается волна снега, придавая силу прыжку. Линейная графика подчёркивает стремительность, лёгкость и внутреннюю свободу образа [1].

Автор выполнил графическую иллюстрацию (рис. 3), изображающую донецкого волка, укрывшегося среди зимнего леса на ледяном камне. В холодной тишине он сворачивается в плотный клубок, становясь частью природы и её спокойствия, но при этом никогда не выбирая одно и то же место. Таким образом, на временном месте для сна, волк набирается сил для дальнейшей охоты.

Рис. 3. Авторская стилизация отдыхающего донецкого волка, техника «пятно»

Работа выполнена в технике рисования от пятна. Основным выразительным средством является пятно волка и дальнейший задний фон леса– тональное, мягко перетекающее, создающее форму без чёткого контура. Пятно позволяет передавать силуэт, массу и настроение, акцентируя внимание на главном объекте композиции. В работе используются градации серого, размытые края и плавные переходы, благодаря чему форма волка выглядит живой и органичной.

Данная техника наиболее точно передаёт состояние покоя, тишины и внутреннего уюта. Пятно позволяет не перегружать изображение деталями, а сосредоточиться на общем образе и эмоциональном восприятии. Резкие, угловатые формы ветвей деревьев в верхней части композиции автор использует как выразительное средство для передачи ощущения холода и суровости зимней природы.

Все три графические иллюстрации демонстрируют разные подходы к стилизации формы донецкого волка и по–разному раскрывают его образ. В работе, выполненной в технике «пятно», лучше всего передаётся общее состояние и настроение – мягкость формы, покой и гармония с окружающей средой. Штриховая техника, напротив, наиболее эффективно подчёркивает динамику, фактуру шерсти и напряжение движения, делая образ более живым и энергичным. Линейная графика выделяется чёткостью и лаконичностью, она акцентирует внимание на силуэте и пластике волка, делая изображение выразительным и символичным.

Каждая техника по–своему усиливает определённые качества образа: пятно – эмоциональность и атмосферу, штрих – движение и структуру, линия – форму и ритм. Таким образом, выбор графического средства напрямую влияет на художественное восприятие и позволяет раскрывать разные стороны одного и того же образа [4].

Выводы

В результате проведённого исследования было установлено, что стилизация формы донецкого волка в графике является важным и эффективным способом художественного осмысления природного образа. Использование различных графических техник («пятно», «штрих» и «линия») позволяет не только передать внешние особенности животного, но и раскрыть его характер, эмоциональное состояние и пластические качества в разных ситуациях. Исследование показало, что обращение к разным выразительным средствам графики даёт возможность художнику варьировать восприятие одного и того же образа, акцентируя внимание на его различных сторонах – от спокойствия и гармонии до динамики и внутренней силы. Это подтверждает, что графика обладает широкими художественными возможностями и является универсальным языком визуального искусства. Кроме того, обращение к образу донецкого волка способствует формированию интереса к природе родного края и его культурным особенностям. Через художественную интерпретацию животного раскрывается связь человека с окружающей средой, а также ценность сохранения природного наследия [3].

Таким образом, поставленная цель работы была полностью достигнута, а выполненные иллюстрации наглядно продемонстрировали роль графических техник в процессе стилизации формы и создании выразительного художественного образа [5].

Дальнейшее применение данных графических работ возможно в полиграфической продукции или как изображение для печати на продукции.

Список литературы

1. Гурова Н. А. Художественно–проектная деятельность как средство формирования эстетической позиции будущих дизайнеров // Донецкие чтения 2019: материалы IV Международной научной конференции. – Донецк, 2019. – С. 401–405.

2. Данильян Л. В., Тюркеджи Е. В. Плакатная графика в исторических и социокультурных реалиях XX века и современный дизайн плаката // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: материалы IV Международной научной конференции (Донецк, 31 октября 2019 г.). – Том 4: Филологические науки. Культура и искусство. Часть 2 / под общ. ред. С. В. Беспаловой. – Донецк: Изд–во ДонНУ, 2019. – С. 380–384.

3. Матюнина О. О. Особенности построения визуальной композиции в современном графическом дизайне // Научная сокровищница образования Донетчины. – Донецк, 2018. – Вып. 4. – С. 115–120.

4. Трошкина Ю. Ю. Современные подходы к формированию эстетической позиции студентов–дизайнеров // Вестник ДонНУ: искусство и дизайн. – Донецк, 2020. – Вып. 12. – С. 78–82.

5. Трошкина Ю. Ю., Чернышев Д. А. Психолого–педагогические основы развития эстетической позиции будущих бакалавров дизайна // Научная сокровищница образования Донетчины: научно–методический журнал. – Донецк, 2017. – Вып. 1. – С. 78–83.

Русанова Е.С.
студент,
ekt2811@gmail.com
Научный руководитель: ***Шилина Н.А.***
к.соц.н., доцент,
Южный федеральный университет,
Россия, Ростов-на-Дону
nashilina@sfedu.ru

ИСТОРИЯ ГРАВЮРЫ НА КАРТОНЕ И ЕЕ ИНТЕГРАЦИЯ В СИСТЕМУ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Аннотация. В статье рассматривается гравюра на картоне как уникальная печатная техника, обладающая значительным, но недостаточно изученным педагогическим потенциалом. Анализируется её исторический путь в России, от экспериментального течения до современного возрождения интереса в образовательном контексте. Обоснована актуальность данной техники в условиях модернизации художественного образования, перехода к личностно-ориентированной педагогике и возникновения требований доступности. Особое внимание уделяется дидактическим возможностям гравюры на картоне в формировании композиционных представлений.

Ключевые слова: гравюра на картоне; художественное образование; печатная графика; методика преподавания; композиция; личностно-ориентированный подход; доступные материалы.

Актуальность исследования

В условиях динамичного развития современного художественного образования, характеризующегося переходом к личностно-ориентированной парадигме и поиском инновационных подходов к формированию творческих компетенций, актуализируется необходимость глубокого переосмысления роли и потенциала традиционных, но при этом демократичных печатных техник. Одной из таких техник, обладающей значительным, но до сих пор недостаточно изученным и систематизированным педагогическим потенциалом, является гравюра на картоне. Данная техника, представленная в отечественном образовании в 1924 году выдающимся советским художником и иллюстратором К. В. Кузнецовым, представляет собой уникальное явление в графическом искусстве, сочетающее высокие художественные возможности с относительной доступностью используемых материалов.

Несмотря на свою вековую историю в отечественной художественной практике, гравюра на картоне лишь в последние годы начинает привлекать должное внимание исследователей и педагогов как мощный инструмент развития композиционных представлений, стимулирования творческого экспериментирования и формирования устойчивого интереса к графическому искусству. Статья ставит своей целью всестороннее раскрытие ключевых аспектов гравюры на картоне, анализ её генезиса, художественных особенностей и, главное, систематизацию её педагогического потенциала в контексте модернизации художественного образования. Мы рассмотрим, как эта техника, возникшая на стыке высокой и глубокой печати, может быть эффективно интегрирована в образовательные программы различных уровней, способствуя реализации принципов личностно-ориентированного подхода, вариативности и доступности.

Библиографический обзор и методологические основы исследования

Для всестороннего анализа педагогического потенциала гравюры на картоне необходимо обратиться к существующим научным исследованиям и методическим разработкам в области графического искусства и художественной педагогики. Несмотря на то, что целенаправленных и систематизированных работ, посвященных именно гравюре на картоне в контексте российского художественного образования, относительно немного, можно выделить ряд смежных областей, которые формируют методологическую базу для данного исследования.

Во-первых, это труды по истории и теории графического искусства, в частности работы, посвященные развитию печатных техник. Исследования таких авторов, как А. А. Сидоров, М. В. Доброклонский, В. А. Фаворский, позволяют проследить эволюцию гравюры как вида искусства, понять её место в художественной культуре и выявить общие принципы, применимые и к гравюре на картоне. В данной статье хочется уделить внимание работам, которые анализируют экспериментальные направления в графике начала XX века, так как именно в этот период гравюра на картоне получила свое развитие как техника авангарда.

Во-вторых, неоспоримую роль в понимание педагогического потенциала графических техник вносят исследования в области художественной педагогики и методики преподавания изобразительного искусства. Работы Б. М. Неменского, Т. Я. Шпикаловой, Н. Н. Ростовцева, Е. В. Шорохова закладывают основы понимания принципов формирования композиционных представлений, развития творческого мышления и эстетического воспитания учащихся. Данные исследования подчеркивают необходимость практической деятельности в освоении изобразительного искусства, роль материального воплощения идеи и значение эмоционального отклика на творческий процесс. В этом контексте гравюра на картоне отлично вписывается в концепцию активного обучения.

В-третьих, актуальными являются исследования, посвященные личностно-ориентированному подходу в образовании. Работы И. С. Якиманской, В. В. Серикова, Е. В. Бондаревской поясняют необходимость индивидуального обучения, учета потребностей и способностей каждого учащегося. Гравюра на картоне, обладающая такими характеристиками, как гибкость и вариативность, предоставляет широкие возможности для реализации вышеуказанных принципов, позволяя учащимся самостоятельно выбирать пути для самовыражения и развития.

Методологической основой данного исследования является системный подход, позволяющий рассмотреть гравюру на картоне не как независимую технику, а как элемент целостной системы художественного образования, который может активно взаимодействовать с другими дисциплинами. Также использованы историко-искусствоведческий анализ для изучения генезиса техники, сравнительно-сопоставительный метод для выявления преимуществ перед другими печатными техниками и педагогический эксперимент для оценки эффективности применения гравюры на картоне в процессе обучения.

Отметим, что дефицит подробных литературных источников, непосредственно посвященных гравюре на картоне в педагогическом аспекте, никак не является препятствием, а наоборот указывает на новизну данного типа исследования. Это открывает возможности для проведения эмпирических исследований, разработки авторских методик и создания новых дидактических материалов, что, в свою очередь, будет способствовать обогащению теоретической и практической базы художественного образования России.

Историко-культурный контекст и специфика техники

Гравюра на картоне является неким синтезом принципов высокой и глубокой печати, что обусловливает её богатые художественные возможности и разнообразные технологические приемы. В отличие от других печатных техник, требующих наличия специального сложного оборудования и дорогостоящих материалов, картон как основа печатной формы открывает широкие возможности для творчества при минимальных финансовых и технических затратах. Обратим внимание, что доступность данной печатной техники является одним из основных факторов, определяющих её педагогическую ценность.

В России гравюра на картоне изначально развивалась как экспериментальное направление изобразительного искусства. В 1920-1930-е годы на неё обратили внимание художники-авангардисты (например, В. А. Фаворский и его школа), которые ценили её за возможность создания интересных фактурных эффектов и выразительных поверхностей при простых технических приемах. Художники могли полностью сосредоточиться на поиске новых форм и средств выразительности в своих работах, не отвлекаясь при этом на сложный технологический процесс, как это было в других видах печатных техник. Использование картона в качестве печатной формы позволяет применять различные методы его обработки: от вырезания и наклеивания элементов (коллажная техника) до процарапывания, тиснения, создания рельефов и использования различных текстурных материалов. Это многообразие приемов

обеспечивает широкий спектр художественных решений, от простых до сложных многослойных композиций.

Техника гравюры на картоне позволяет создавать в работах неповторимые фактурные эффекты. Использование различных видов картона, их толщина, плотность, а также способы обработки поверхности (разрывы, надрезы, проколы, наклеивание тканей и нитей) позволяют добиться широкого диапазона визуальных впечатлений в оттиске. Эта особенность делает гравюру на картоне привлекательной для художников, стремящихся к выразительности через материальность и текстуру. Возможность комбинирования различных элементов на одной печатной форме, а также использование нескольких форм для многоцветной печати, расширяет изобразительные возможности и позволяет создавать сложные произведения.

Таким образом, генезис гравюры на картоне как экспериментальной техники, а также её уникальные художественные особенности, основанные на синтезе высокой и глубокой печати при наличии доступности материалов, заложили основу для её дальнейшего развития и раскрытия педагогического потенциала.

Педагогический потенциал гравюры на картоне: формирование композиционных представлений и стимулирование творческого экспериментирования

Педагогический потенциал гравюры на картоне в системе художественного образования многогранен и охватывает основные аспекты развития личности учащегося как субъекта творческого процесса. Данная техника является мощным инструментом для формирования композиционных представлений. Работа с печатной формой требует от учащегося осмысления пространственных отношений, баланса элементов, ритма и контраста. Процесс создания печатной формы, по сути, является процессом построения композиции, где каждый элемент имеет свое значение и влияние на общее восприятие произведения. Так, учащийся мыслит целостно, предвидя, как отдельные элементы будут взаимодействовать в финальном оттиске. Это развивает пространственное мышление и способность к анализу визуальной информации, что является фундаментальным для любого вида художественной деятельности.

Гравюра на картоне активно стимулирует творческое экспериментирование. Относительная техническая простота техники и доступность используемых материалов позволяют учащимся экспериментировать в выборе способов исполнения работы, комбинировать различные фактуры, исследовать возможности материала и применяемых инструментов. Нет боязни испортить дорогостоящий материал или оборудование, что снимает психологические барьеры и тем самым способствует раскрепощению творческой инициативы. Так, учащиеся могут смело пробовать работать с различными видами картона, по желанию добавлять различные природные материалы, нити, ткани, бумагу, создавая неповторимые текстурные поверхности. Такой творческий учебный процесс поощряет поиск нестандартных решений, развивает изобретательность и фантазию. Комбинация различных фактур на одной печатной форме позволяет создать сложные и необычные визуальные эффекты, которые могут быть недостижимы в других видах графических техник без значительных трудозатрат.

Внедрение и активное использование гравюры на картоне в образовательном процессе повышает уверенность учащихся благодаря тиражности и завершенности результата. В отличие от уникальных работ, где каждая линия или мазок имеют окончательный характер, печатная техника предполагает возможность создания, при желании автора или необходимости, целой серии оттисков. Эта особенность создает видимость ситуации успеха, поскольку даже если первый оттиск вышел не совсем удачным, всегда есть возможность получить более выигрышный вариант. Тиражность позволяет учащимся пронаблюдать, как их замысел по-разному может быть воспроизведен, что формирует понимание процесса тиражирования и его художественных возможностей. Получение нескольких близких по исполнению оттисков дает ощущение завершенности и удовлетворения от проделанной творческой работы, что особенно важно для мотивации к дальнейшему обучению и формирования позитивной самооценки.

Систематические занятия гравюрой на картоне в образовательном процессе формируют устойчивый интерес учащихся к графическому искусству. Погружение в механизм создания печатной формы, экспериментирование с материалами, получение оттисков – все это увлекательный и познавательный процесс. Учащиеся постепенно начинают понимать специфику графического языка, его возможности и средства выразительности. В ходе работы над гра-

вюрой на картоне развивается способность мыслить в материале, то есть понимание, как свойства материала влияют на конечный результат. Это значит, что учащиеся осваивают навык предвидения результата печати, при этом учитывая особенности поверхности картона, тип краски, давление при печати, зеркальный перенос эскиза и многие другие факторы. Такое фундаментальное понимание материала и творческого процесса является залогом успешного освоения любых графических техник.

Таким образом, гравюра на картоне, будучи доступной и выразительной техникой, предоставляет уникальные возможности для стимулирования творческого поиска, развития композиционных навыков и формирования уверенности в собственных силах. Её систематическое применение в образовательном процессе способствует не только освоению конкретных художественных приемов, но и формированию целостного представления о графическом искусстве, развитии творческого мышления и композиционных представлений.

Интеграция в образовательный процесс и методические перспективы

Современный интерес к гравюре на картоне в педагогике связан с её соответствием принципам инклюзивности и вариативности. Техника может быть адаптирована для разных возрастных групп: от простых штампов из картона для младших школьников до сложных многослойных коллаграфов в профессиональной подготовке. Актуальным направлением является разработка модульных программ для дисциплин «Рисунок», «Композиция» в детских художественных школах, училищах и высших учебных заведениях.

Современные тенденции и перспективы интеграции гравюры на картоне в художественное образование

В настоящее время наблюдается возрождение интереса к гравюре на картоне в педагогической сфере. Прослеживается глобальный тренд на демократизацию искусства и, следовательно, доступность художественного образования. В условиях ограниченности ресурсов и необходимости охвата широкой аудитории, техники, не требующие дорогостоящего оборудования и материалов, становятся актуальными. Гравюра на картоне отлично вписывается в эту тенденцию, предлагая широкие художественные возможности при минимальных затратах.

Модернизация художественного образования предполагает переход к личностно-ориентированной педагогике, где упор делается на индивидуальном развитии каждого учащегося, его творческой самостоятельности и способности к самовыражению. Гравюра на картоне, с её гибкостью и вариативностью, позволяет каждому учащемуся найти свой уникальный путь в освоении техники, экспериментировать с различными подходами и создавать работы, отражающие его индивидуальность.

В образовательном контексте техника гравюры на картоне может быть активно интегрирована не только в программы детских художественных школ, но и в подготовку будущих педагогов-художников в высших учебных заведениях. Для детских художественных школ это возможность предложить учащимся увлекательно и доступно познакомиться с печатным графическим искусством, развить таким образом композиционные навыки и творческое мышление. Для высших учебных заведений обучение гравюре на картоне будущих педагогов-художников имеет стратегическое значение. Так, студенты не только осваивают саму технику, но и понимают её методический потенциал, учатся адаптировать её для различных возрастных групп и образовательных задач. Будущие специалисты смогут эффективно использовать гравюру на картоне в своей педагогической практике, обогащая содержание занятий и стимулируя творческую активность своих учеников.

Ещё одним важным направлением является исследование возможностей сочетания традиционных приемов гравюры на картоне с цифровыми технологиями проектирования печатных форм. Это открывает новые горизонты для творчества и обучения. Например, учащиеся могут использовать графические редакторы для создания эскизов и макетов, которые затем будут перенесены на картонную основу. Это позволяет значительно расширить диапазон художественных решений, ускорить процесс создания печатной формы и интегрировать современные технологии в традиционные виды искусства. Такое сочетание способствует формированию у учащихся комплексных компетенций, необходимых в условиях цифровой трансформации общества.

Интеграция гравюры на картоне в систему художественного образования отвечает текущим требованиям личностно-ориентированного подхода, вариативности и доступности

образовательных программ. Личностно-ориентированный подход реализуется через возможность индивидуального выбора материалов, техник и тем для творчества, что позволяет каждому учащемуся максимально раскрыть свой потенциал. Вариативность обеспечивается широким спектром художественных приемов и возможностью адаптации техники под различные образовательные задачи и уровни подготовки. Доступность, как уже отмечалось, является одним из ключевых преимуществ гравюры на картоне, делая её привлекательной для широкого круга образовательных учреждений и учащихся.

Дальнейшее изучение методических аспектов преподавания гравюры на картоне будет способствовать обогащению содержания художественного образования России. Это включает в себя разработку новых дидактических материалов и проведение экспериментальных исследований по эффективности различных методик обучения. Более полная реализация творческих способностей и композиционных представлений учащихся является конечной целью этих усилий. Гравюра на картоне, благодаря своей уникальной комбинации доступности, выразительности и педагогического потенциала, способна стать одним из ключевых инструментов в формировании нового поколения художников и творческих личностей, способных к инновациям и самовыражению в современном мире.

Заключение

Гравюра на картоне, пройдя путь от экспериментальной техники художников-авангардистов до признанного инструмента в педагогической практике, обличает свой неоспоримый потенциал в контексте модернизации художественного образования. Её неповторимые характеристики – синтез высокой и глубокой печати, возможность создания богатых фактурных эффектов при относительной доступности материалов – делают её подходящим средством для формирования композиционных представлений, стимулирования творческого экспериментирования и развития устойчивого интереса к графическому искусству.

Систематическое внедрение гравюры на картоне в образовательные программы, от детских художественных школ до высших учебных заведений, способствует не только освоению конкретных графических навыков, но и формированию целостного творческого мышления, способности мыслить в материале и предвидеть результат. Возрождение интереса к этой технике в педагогической сфере произошло благодаря соответствию принципам личностно-ориентированного подхода, доступности и вариативности в условиях современного образования.

Дальнейшие исследования в области гравюры на картоне должны быть направлены на эмпирическое подтверждение её педагогической эффективности, разработку критериев оценки творческого развития учащихся, а также на создание обширной базы методических материалов и примеров успешной практики. Проведение конференций и мастер-классов, обмен опытом между педагогами-художниками и теоретиками искусства будут способствовать популяризации данной уникальной техники.

Таким образом, гравюра на картоне выступает не просто как одна из графических техник, а как активатор творческого развития, который способствует формированию у учащихся глубокого понимания искусства, развитию их индивидуального стиля и уверенности в своих способностях. Её доступность и выразительность делают её подходящим инструментом в арсенале современного педагога-художника, способного обогатить содержание художественного образования России и обеспечить наиболее полную реализацию творческого потенциала каждого учащегося в условиях постоянно меняющегося мира.

Список литературы

1. Бондаревская Е.В., Кульневич С.В. Педагогика: личность в гуманистических теориях и системах воспитания. Ростов-на-Дону: Учитель, 1999. 560 с.

2. Доброклонский М.В. Классическая гравюра. Очерк развития и каталог постоянной выставки гравюр. Л.: Типография Академии художеств, 1928. 75 с.

3. Неменский Б.М. Педагогика искусства. Видеть, ведать и творить. М.: Просвещение, 2012. 240 с.

4. Ростовцев Н.Н. Методика преподавания изобразительного искусства в школе. 3-е изд., доп. и перераб. М.: Агар, 1998. 250 с.

5. Сериков В.В. Образование и личность: Теория и практика проектирования педагогических систем. М.: Логос, 1999. 271 с.
6. Сидоров А.А. Древнерусская книжная гравюра. М.: Издательство Академии наук СССР, 1951. 392 с.
7. Фаворский В.А. Об искусстве, о книге, о гравюре. М.: Книга, 1986. 240 с.
8. Шорохов Е.В. Методика преподавания композиции на уроках изобразительного искусства в школе. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Просвещение, 1977. 112 с.
9. Шпикалова Т.Я. Народное искусство и педагогика // Развитие теории и методики формирования детского творчества. М.: РИЦ Альфа, 2000. С. 32–38.
10. Якиманская И.С. Развивающее обучение. М.: Педагогика, 1979. 144 с.

Фирсова Д.С.
студент,
dfirsova@sfedu.ru
Научный руководитель: ***Шилина Н.А.***
к.соц.н., доцент,
Южный федеральный университет,
Россия, Ростов-на-Дону
nashilina@sfedu.ru

ПУТЕШЕСТВИЕ ПО ИСТОРИИ ДЕТСКОЙ КНИЖНОЙ ИЛЛЮСТРАЦИИ

Аннотация. В статье рассматривается история возникновения и развития детской книжной иллюстрации: от первых детских книг с гравюрами до современных цифровых медиа платформ. Анализируется влияние исторических эпох на взаимодействие изображения с текстом, смену художественных стилей и техник. Особое внимание уделяется роли ключевых художников-иллюстраторов. Рассматривается будущее детской книжной иллюстрации – сочетание технологий дополнительной реальности и искусственного интеллекта.

Ключевые слова: иллюстрация; художник-иллюстратор; художник книжной иллюстрации; история иллюстрации.

В бурном потоке современных визуальных образов детская книжная иллюстрация – это волшебный мост, который соединяет вековые традиции детской литературы с жаждой ярких, запоминающихся картин, свойственной новому поколению. В то время, когда ребенок еще не умеет читать, именно картинки становятся путеводителями в новый мир историй, помогая детям воспринимать сюжет и сопереживать персонажам.

В Европе история детской книжной иллюстрации начинается с энциклопедии Яна Коменского «Мир чувственных вещей в картинках» 1658 года, она считается самой ранней иллюстрированной книгой для детей. Каждая страница – это иллюстрация, созданная с помощью ксилографии, которая изображала неживую природу, ботанику, зоологию, религию или людей и их занятия. Книга открывает новый мир для юных читателей, делает обучение наглядным и увлекательным.

Конец XVIII – начало XIX века – это время, когда детские книги начали выходить массовыми тиражами, образование для детей стало более целенаправленным и продуманным. Тогда же появились знаковые произведения. Например, «Маленькая хорошенькая карманная книжечка» – детская книга, написанная и изданная британским издателем Джоном Ньюбери в 1744 году и «Песнь невинности и опыта» за авторством Уильяма Блейка. Блейк создавал цикл методом «иллюминированной печати»: собственноручно гравировал медные пластины, на которых текст и иллюстрации составляли единое целое, а затем печатал и раскрашивал каждый лист вручную.

Викторианская эпоха стала важным периодом в развитии детской книжной иллюстрации. Происходило развитие печатной техники, это позволяет создавать все более качественные и красочные иллюстрации. Детская литература становилась доступнее, а художники больше уделяли внимание визуальному оформлению книг. В это время творит один из известнейших писателей, чьи произведения оказали огромное влияние не только на литературу, но и на культуру того времени – Чарльз Диккенс. Его романы отличаются яркими, запоминающимися персонажами, глубокими социальными проблемами и эмоциональными сюжетами. Кроме того, произведения Диккенса часто содержали элементы морали и нравственности, что отражало ценности викторианской эпохи. Художники, иллюстрирующие его работы, также стремились передать эти моральные уроки через свои изображения. Среди наиболее известных произведений Диккенса, которые вдохновили художников на создание иллюстраций, можно назвать «Оливер Твист», «Большие надежды» и «Рождественская песнь». Для первого издания «Рождественской песни» Джон Лич создал восемь иллюстраций: четыре черно-белые гравюры на дереве и четыре раскрашенных вручную офорта.

Одно литературное произведение порой становится источником вдохновения для разных иллюстраторов: так, например, сказка Льюиса Кэрролла «Алиса в Стране чудес» обрела разные художественные воплощения. Историю иллюстраций «Алисы» начал сам Льюис Кэрролл. Он разместил рисунки не только на отдельных листах, но и среди текста, что способствовало лучшему пониманию сюжета. В XIX веке наиболее известными иллюстраторами «Алисы в Стране чудес» Льюиса Кэрролла были Джон Тенниел и Артур Рэкхем. Джон Тенниел – английский художник и карикатурист. Работа над «Алисой в Стране чудес» началась в 1864 году, когда Кэрролл познакомился с Тенниелом. В апреле они договорились о совместной работе. Тенниел создал 42 чёрно-белые иллюстрации, каждая из которых иллюстрирует определённую цитату из книги. Кэрролл требовал, чтобы иллюстрации точно соответствовали тексту. Все рисунки художник обсуждал с автором. Образы Алисы, Белого Кролика, Чеширского Кота, Безумного Шляпника и других персонажей, созданные Тенниелом, стали эталонными. Последующие иллюстраторы часто ориентировались на его работы. Артур Рэкхем – один из самых известных английских художников-иллюстраторов, виднейший представитель викторианской сказочной живописи.

В 1907 году издатель Уильям Хейнеманн заказал ему иллюстрации к «Алисе в Стране чудес». Рэкхем создал цикл из 13 цветных и 16 чёрно-белых рисунков. В своей трактовке образов художник отказался от предложенного Кэрроллом и Тенниелом «викторианского» образа Алисы, создав новую, современную художественную трактовку, соответствующую эпохе модерна. Его работы отличают ярко выраженные черты, присущие графикам конца XIX – начала XX века, исповедовавшим стиль модерн: плавность Ренессанса, линеарность японской гравюры, пышность барокко, мистические образы гобеленов и книжной миниатюры Средневековья и лаконичная гамма.

XX век перевернул представление о детской книге – вместе с литературой изменилась и сама её душа: иллюстрации перестали быть просто «картинками», а стали полноправными участниками истории. В начале столетия детская книга ещё хранила отблеск викторианской эпохи: иллюстрации оставались верными своей образовательной миссии, помогая юным читателям познавать мир, шаг за шагом разгадывать тайны текста и реальности. Но уже к середине века всё начало стремительно меняться. Социальные вихри и культурные сдвиги подарили детской книге новую свободу: в ней расцвели символизм, фантазия и смелые художественные эксперименты.

Одним из самых ярких прорывов стало расширение жанровых границ. К волшебным сказкам добавились истории с глубоким психологическим подтекстом, заставляющие задуматься даже взрослых. И среди них – настоящая жемчужина: «Маленький принц» Антуана де Сент Экзюпери (1943). Эта книга, словно мост между мирами, говорит с детьми на языке простых образов, а со взрослыми – о вечных вопросах: дружбе, одиночестве, ответственности и смысле жизни.

Но не только литература влияла на детскую книгу – XX век связал её с массовой культурой. Комиксы, анимация, мультфильмы ворвались в детские сердца и изменили саму природу иллюстрации. Страницы книг наполнились динамикой кадров, яркими цветами и захватывающими сюжетами. Гении графического искусства, такие как Стэн Ли и Джек Кирби, со-

здали целые вселенные, где научная фантастика переплеталась с волшебством сказок, увлекая юных читателей в невероятные приключения.

Не менее интересна история возникновения и развития детской книжной иллюстрации в России. Первой книгой стал «Букварь» Кариона Истомина (1692–1694), созданный в Москве. Это был не просто учебник – настоящее произведение искусства. Текст и гравюры на меди выполнил талантливый мастер Леонтий Бунин. Каждая буква алфавита занимала отдельный лист, а её образ воплощался в фигурах людей, застывших в причудливых позах – отсюда и название: «Лицевой букварь». Страницы букваря оживали благодаря удивительным рисункам: здесь можно было увидеть: историка с раскрытой книгой и чернильницей, звездочёта с подзорной трубой, животных и растения, старинные постройки и предметы быта. Текст и изображение здесь слились в единое целое, создавая неповторимую атмосферу открытия.

Детская книжная иллюстрация в России XVIII века развивалась в несколько этапов, сочетая учебные пособия, народные картинки и зачатки художественной иллюстрации. В букварях и азбуках XVIII века часто использовались гравюры, изображавшие урок в школе, а также «прописи» – очертания букв. Начинают появляться цветные гравюры, которые раскрашивались красками от руки. Наряду с обучающими книгами большое значение имели русские лубочные картинки («потешные листы»). На них изображались герои былин и сказок, рисунки подписывались или снабжались отрывками из произведений.

В конце XVIII века начали издаваться или переводиться учебные книги для «благородных детей» – сборники разнообразных историй, выпущенные в большом или малом формате для обучения гувернёрами на прогулках. Чаще всего такие издания не иллюстрировались или иллюстрировались познавательными рисунками. Первой иллюстрированной книгой такого типа стало издание с непривычным для нас названием «Детская тека, или собрание Изображений», изданная в Москве в 1794 году. Расшифровывается оно так же необычно: «Детская тека или Собрание Изображений, с краткими Описаниями Древняго и Новаго света Народов, их нравов, одежд и прочаго. Также Собрание Изображений, с Описаниями Четвероногих, Птиц, Земноводных, Рыб, Насекомых, Червей, Прозябений и прочаго».

В конце XVIII – начале XIX века детская литература в России оформилась как самостоятельное направление издательской деятельности. Великие мастера кисти – В. М. Васнецов, И. Е. Репин, В. И. Суриков, М. В. Нестеров и другие – вдохнули в страницы детских книг жизнь, создав образы, которые запоминаются на всю жизнь. Именно тогда детская книга окончательно отделилась от взрослой: она обрела свой характер, свою структуру. Её визитной карточкой стали: море иллюстраций – каждая страница словно окно в волшебный мир, праздник цвета – краски, которые будили воображение и радовали глаз, иллюстрации важнее текста – порой сюжет можно было проследить только по картинкам.

«Золотой век» советской иллюстрации (1930–1980гг.) эпоха мастеров. Этот период подарил миру целую плеяду талантливых иллюстраторов. Евгений Чарушин – волшебник анималистики, чьи звери оживали на страницах книг, поражая детальной проработкой и узнаваемостью. Владимир Сутеев – создатель добрых, милых картинок. Его иллюстрации словно оживали, увлекая детей в весёлое приключение. Виктор Чижиков – автор легендарного Олимпийского Мишки и мастер юмористической иллюстрации. Его работы искрились шуткой и добротой. Леонид Владимирский – творец канонических образов Буратино и героев Изумрудного города. Именно он подарил нам те самые, знакомые с детства лица любимых персонажей. Владимир Лебедев – известный иллюстратор, чьи работы отличаются оригинальным стилем и вниманием к деталям. Его иллюстрации отличаются лаконичностью: фон редко бывает цветным, а фигуры людей и животных изображены схематично. Татьяна Маврина – советский художник-иллюстратор. Ее стиль, несомненно, узнаваем: она обращалась к приемам городецкой росписи, русской народной игрушки, лубочных картинок, иконописи, создавала уникальные, красочные, живые образы. Она иллюстрировала такие сказки, как «Морозко», «Сивка-Бурка», «По щучьему веленью», «Иван-Царевич и Серый Волк» и другие. Маврина – единственный советский иллюстратор, получивший престижную международную премию имени Х. К. Андерсена за вклад в иллюстрирование детских книг.

В XX веке важным источником вдохновения для иллюстраторов становятся мультфильмы. Такие персонажи, как Микки Маус и Багс Банни, повлияли на стиль детских книг, а

адаптации «Винни Пуха» и «Питера Пэна» показали, как анимация может обогатить традиционную литературу.

С появлением компьютеров, смартфонов и планшетов детская литература вышла за пределы печатных страниц. Интерактивные книги открыли новую эру: иллюстрации перестали быть статичными – они оживают, двигаются, взаимодействуют с читателем, звуковые эффекты, анимации и интерактивные элементы делают чтение захватывающим приключением, дети могут влиять на сюжет, «прокачивать» персонажей и выбирать исход истории.

Современный период (с 1990-гг. по настоящее время): цифровая революция. Новые технологии открыли безграничные возможности: к традиционным техникам (акварель, гуашь) добавились графические планшеты и 3D-графика, популярность завоевали книжки-картинки (Picture books), комиксы и манга, где иллюстрация доминирует, а текст минимален – история рассказывается преимущественно через визуальные образы, расцвела авторская иллюстрация: современные художники, такие как Екатерина Глейзер, сочетают традиции русской школы с международными трендами, создавая сложные, концептуальные работы, которые интересны и детям, и взрослым. Яркий пример – цифровая адаптация «Алиса для Айпада» (2011), где пользователь может манипулировать иллюстрациями и даже менять развитие сюжета. Такие мультимедийные книги особенно важны для инклюзивного образования: в книгах для детей с нарушениями слуха или зрения используются визуальные и тактильные элементы, делая чтение доступным для всех.

Будущее детской иллюстрации – это удивительный сплав традиций и инноваций. Интерактивные, мультимедийные и персонализированные книги станут мощными инструментами. Но при этом крайне важно сохранять баланс – сочетать новые технологии с проверенными педагогическими подходами, чтобы чтение оставалось безопасным и полезным. Технологии дополненной и виртуальной реальности, искусственный интеллект и персонализированные книги обещают ещё больше удивительных открытий. Мы сможем: «оживлять» иллюстрации с помощью AR эффектов, создавать персональные версии сказок с участием самого ребёнка, адаптировать сложность текста и заданий под возраст и интересы юного читателя. Но в погоне за инновациями важно не потерять главное – педагогическую ценность контента. Будущее детской книги – в гармоничном сочетании: классических традиций иллюстрации, современных мультимедийных возможностей, проверенных методов воспитания и развития. Такой подход подарит детям не просто развлечение, а полноценный, безопасный и вдохновляющий опыт, который будет расти и развиваться вместе с ними – от первых интерактивных страниц до сложных виртуальных миров.

Детская книжная иллюстрация прошла путь от вспомогательного элемента (украшение текста, наглядное пособие) до самостоятельного вида искусства, тесно связанного с педагогикой и психологией. Сегодня детская иллюстрация – это не просто украшение страниц. Это мост между поколениями, инструмент обучения и окно в мир фантазии, который продолжает развиваться, открывая новые горизонты для юных читателей. Эволюция детской иллюстрации – это не просто история технологий. Это отражение того, как меняется детское восприятие мира и взаимодействие с литературой.

Список литературы

1. Бычков М. Об искусстве книги // Новая детская художественная литература в издании, рекламе, критике и чтении. СПб., 2006. Вып. 3.

2. Немнясова М.В. Особенности восприятия и влияние иллюстрации на понимание детьми художественного текста книги // Образование и воспитание. – 2018. – № 3(18). – С. 70-71.

3. Савкина С.В., Жегульская Ю.В. Мультимедийные продукты библиотек как средства привлечения детей к чтению // Библиотековедение. – 2019. – Т. 68, № 4. – С. 363-373.

4. Трейер М.А., Усанова А.Л. Развитие детской книжной иллюстрации в России // Труды молодых ученых Алтайского государственного университета. – 2013. – № 10. – С. 297-299.

Секция
ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ

Кандыков А.И.
студент
Научный руководитель: ***Дербасова Е.М.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
abe2uebai2u@gmail.com

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МАССИВОВ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ В СРЕДЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ САПР

Аннотация. Работа посвящена автоматизации проектирования в среде nanoCAD при формировании параметрических массивов объектов. Предложен метод адаптивной трансформации элементов для их корректного распределения вдоль нелинейных траекторий. В основе решения лежит программный модуль на языке C#, использующий.NET API. Применение паттерна «Стратегия» позволяет эффективно обрабатывать Г-образные контуры и минимизировать геометрические коллизии. Проведено сравнение с существующими инструментами встроенного массива nanoCAD, аналогами в AutoCAD, GstarCAD, FreeCAD, показавшее отсутствие аналогичной функциональности адаптивного масштабирования по нормали. Инструмент направлен на повышение производительности проектирования в рамках реализации стратегии импортозамещения инженерного ПО.

Ключевые слова: автоматизация проектирования; САПР; nanoCAD; программный модуль; адаптивные алгоритмы; паттерн «Стратегия»; импортозамещение ПО.

Введение и актуальность разработки

В рамках реализации стратегии импортозамещения инженерного программного обеспечения в строительной отрасли, приоритетной задачей является адаптация проектных инструментов под отечественную платформу nanoCAD. Одной из наиболее трудоемких операций в процессе проектирования железобетонных конструкций является формирование массивов элементов вдоль сложных, нелинейных траекторий. Стандартные инструменты САПР, например, команда SPARRAY в nanoCAD или ARRAYPATH в AutoCAD, зачастую не обеспечивают корректного сопряжения элементов на участках с переменной геометрией контура [1], что требует значительных временных затрат на ручную доработку чертежей.

Обзор существующих решений и новизна подхода

Анализ доступных инструментов показывает, что ни один из них не реализует адаптивную трансформацию элементов вдоль траектории с изменением масштаба по нормали. Сравнение основных аналогов приведено в таблице.

Таблица

Сравнение функциональности массивов по траектории

Общие сведения		Функциональные возможности	
САПР / Инструмент	***Тип массива***	***Адаптивность к геометрии***	***Поддержка масштабирования по нормали***
Разработанный модуль	Параметрический, по траектории	Высокая (адаптивная трансформация, Г-образные контуры)	Да
nanoCAD (SPARRAY)	По траектории, прямоугольный, круговой	Низкая (равномерное копирование)	Нет
AutoCAD (ARRAYPATH)	По траектории	Низкая (выравнивание по траектории без изменения формы)	Нет
GstarCAD (LayoutByPath)	По траектории	Средняя (распределение блоков, но без масштабирования)	Нет
FreeCAD (PathArray)	По траектории	Средняя (возможность выравнивания, но нет адаптивного масштабирования)	Нет
BricsCAD (ARRAY)	По траектории	Низкая	Нет

Таким образом, научная новизна работы заключается в разработке алгоритма адаптивного заполнения пространства, при котором геометрия каждого элемента масштабируется согласно вектору нормали траектории в точке его размещения, что обеспечивает корректное сопряжение на криволинейных и угловых участках без ручной доработки.

Описание программного модуля

Для автоматизации указанных процессов был разработан программный модуль на языке C# с использованием MultiCAD.NET API (платформа nanoCAD). Ключевым архитектурным решением стала реализация паттерна «Стратегия» (Strategy) [2], что позволило разделить логику позиционирования объектов для различных сценариев. В модуле реализованы три основные стратегии:

- LinearPlacementStrategy – для прямолинейных участков (равномерный шаг);
- CornerPlacementStrategy – для угловых сопряжений (пересчёт ориентации и масштаба);
- AdaptiveScalingStrategy – для криволинейных участков (масштабирование по нормали).

Пользовательский интерфейс модуля (рис. 1) разработан на базе технологии WPF, что обеспечивает интуитивно понятную настройку параметров: выбор базовой кривой, задание шага и выбор тиражируемого блока.

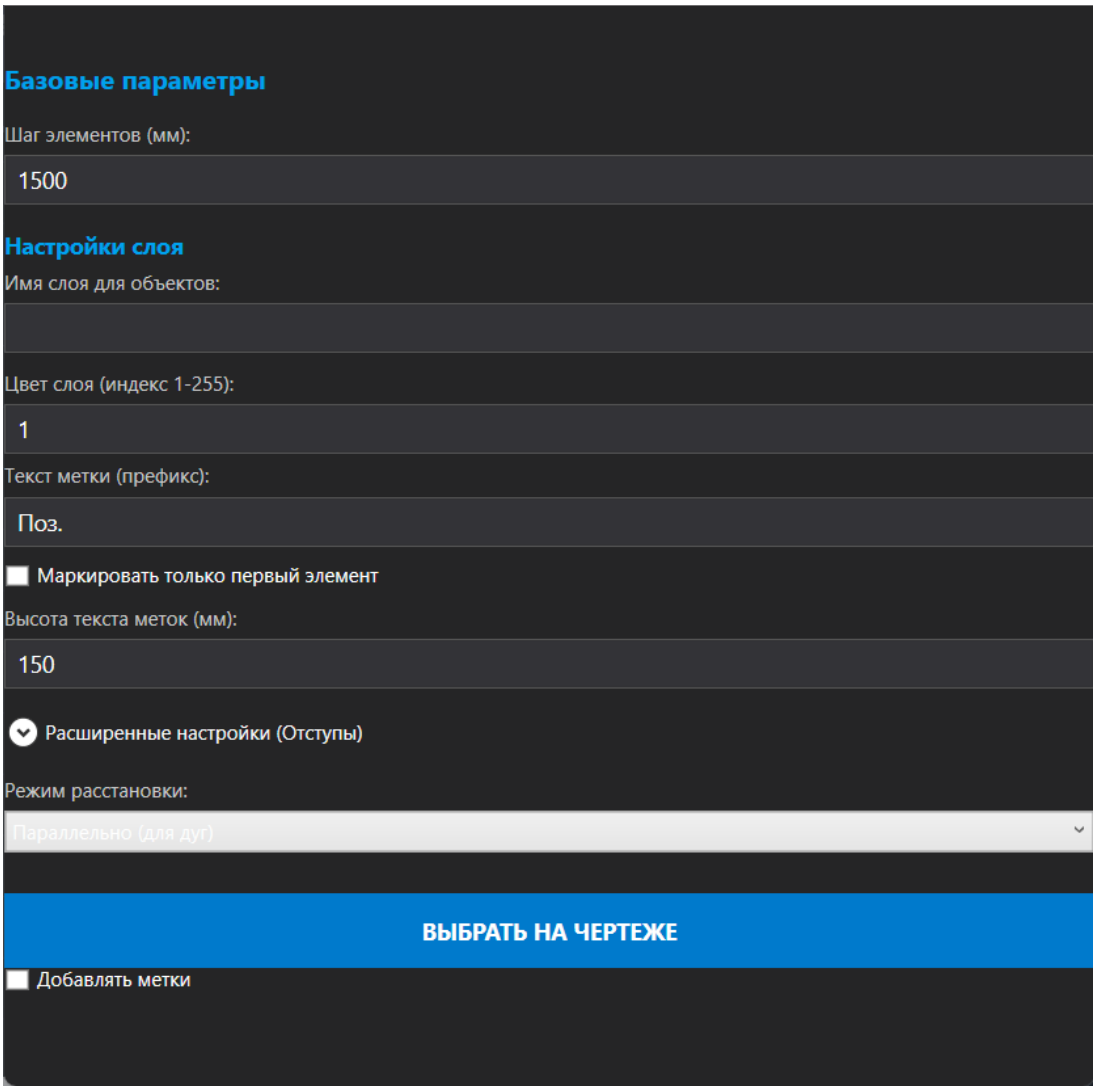


Рис. 1. Интерфейс программного модуля для настройки параметров массива.

Алгоритм адаптивной трансформации

Логика вычисления матриц трансформации и масштабирования объектов реализована в программном модуле с использованием методов геометрического ядра платформы (рис. 2). Для каждой точки размещения элемента вычисляется касательный вектор и вектор нормали, после чего строится матрица аффинного преобразования, учитывающая поворот и масштабирование по нормали.

```
Entity clone = (Entity)template.Clone();
Vector3d targetVec = point.TargetL.GetVectorTo(point.TargetR);
double currentLen = targetVec.Length;

double angle = templateVec.GetAngleTo(targetVec, Vector3d.ZAxis);
double scale = targetVec.Length / refWidth;

Matrix3d mat = Matrix3d.Scaling(scale, point.TargetL)
    * Matrix3d.Rotation(angle, Vector3d.ZAxis, point.TargetL)
    * Matrix3d.Displacement(pprRef1.Value.GetVectorTo(point.TargetL));
```

Рис. 2. Фрагмент программной реализации алгоритма адаптивной трансформации на языке C#.

Апробация и анализ результатов

Тестирование модуля проводилось на сложных Г-образных участках контуров (например, угловые сопряжения стен или армирование забежных участков конструкций). В ходе тестирования был реализован режим адаптивного заполнения пространства, при котором геометрия объекта масштабируется согласно вектору нормали (рис. 3). Для типового Г-образного контура с 25 элементами массива были проведены замеры времени выполнения операции. Встроенный инструмент SPARRAY nanoCAD (с последующей ручной корректировкой угловых элементов): 4 мин 20 сек. Разработанный модуль (полностью автоматический режим): 1 мин 10 сек. Таким образом, сокращение времени составило 3,7 раза, что подтверждает заявленную эффективность.

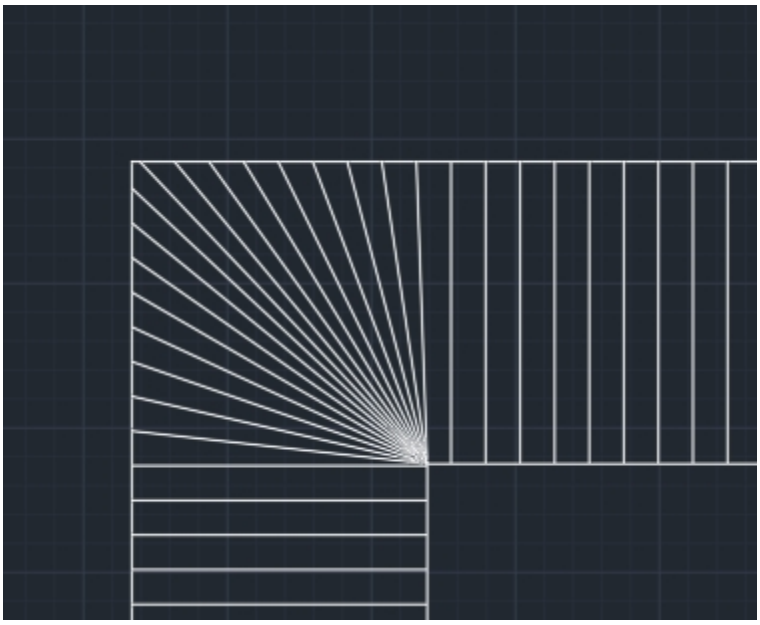


Рис. 3. Результат генерации адаптивного массива на сложном участке траектории.

Важной особенностью предложенного подхода является возможность контроля геометрических параметров в критических зонах. Несмотря на то, что текущая версия алгоритма допускает деформацию элементов («веерное» распределение), архитектура системы предусматривает внедрение параметрических ограничений. Это позволит в автоматическом режиме соблюдать требования нормативных документов (например, по минимальной ширине узкой части изделий).

Заключение

Разработанный программный модуль подтвердил эффективность использования.NET API для автоматизации рутинных операций в среде nanoCAD. Внедрение адаптивных алгоритмов позволяет сократить время на формирование проектной документации в 3-4 раза.

Дальнейшее развитие проекта предполагает перенос вычислительного ядра на язык C++ (ObjectARX/NRX). Это позволит повысить производительность при работе с массивами данных сверхбольшого объема и обеспечит более глубокую интеграцию с графической подсистемой САПР. Также планируется совершенствование алгоритмов автоматического контроля геометрических коллизий и расширение библиотеки параметрических прототипов объектов.

Список литературы

1. Полещук Н. Н. Программирование на C# в среде AutoCAD. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 640 с.
2. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма [и др.]. СПб.: Питер, 2020. 368 с..
3. MultiCAD.NET API // Информационный портал для разработчиков nanoCAD. 2024. URL: https://developer.nanocad.ru/ (дата обращения: 08.04.2026).

Шаманова Д.Д.
студент
Научный руководитель: ***Ярошутин Д.А.***
старший преподаватель,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Санкт-Петербург
shdoriyka@gmail.com

АНАЛИЗ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСОВ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЛЕТЫ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Аннотация. В работе рассматриваются возможные результаты аэродинамического воздействия на обтекаемые тела, в частности на пролеты мостовых переходов, тенденции развития современных строительных и машиностроительных отраслей, повышающие актуальность исследования новых методов расчета, которые могли бы обеспечить достоверные результаты не меньшей точности, чем экспериментальные методы, но с меньшими экономическими и временными затратами.

Ключевые слова: аэродинамическое воздействие; мост; мостовой переход; легкие материалы; облегченные конструкции; дорожка Кармана.

1. Введение

1.1. Классические виды аэродинамической неустойчивости, вызванной ветром

Аэродинамическое воздействие – влияние потока воздуха, вызванного различными факторами на твердое тело, находящееся в нем.

Результатом аэродинамического взаимодействия элемента конструкции мостового перехода с сильным ветровым потоком могут быть [2]:

- ветровой резонанс – интенсивное нарастание амплитуд аэроупругих колебаний поперек потока элементов конструкции, возникающее при совпадении частот их колебаний с частотой срыва вихрей Кармана;
- изгибно-крутильный флаттер – самовозбуждающиеся колебания элементов конструкции, связанные с несовпадением аэродинамического центра конструкции (точки приложения аэродинамических сил) с его центром тяжести;
- галопирование – автоколебания поперек потока, вызванные отрицательным аэродинамическим демпфированием, такие колебания наиболее опасны для элементов конструкций висячих мостов;
- бафтинг – колебания, наблюдающиеся у конструкций, находящихся в вихревом потоке, образованном турбулентным потоком воздуха или близкорасположенной конструкцией.

1.2. Аэродинамическое воздействие транспортного потока на пролет путепровода

Аэродинамическое воздействие на конструкцию пролета пешеходного или автодорожного путепровода и пространство вокруг нее, включающее область движения пешеходов, может оказывать движущийся на больших скоростях транспортный поток. При движении высокоскоростных поездов и автомобилей по магистралям возникают импульсные нагрузки при входе/выходе транспортного средства под мостовой пролет, турбулентные следы, способные вызывать бафтинг, перепады давления: область высокого давления перед транспортным средством и область разреженного воздуха после, приводящие к дополнительным динамическим воздействиям.

Помимо влияния этих явлений на устойчивость конструкции важным фактором является соблюдение комфорта пешеходов: ветровые потоки высокой скорости, значительные колебания могут быть опасны при передвижении или вызывать неприятные ощущения при эксплуатации. Этот вопрос зачастую поднимается при проектировании жилой застройки [10], однако, и при проектировании путепроводов он приобретает все большее значение.

2. Методы исследования аэродинамической устойчивости пролетов

2.1. Актуальность разработки новых методов

В настоящее время в связи с активной интеграцией продуктов химической промышленности в строительную отрасль прослеживается тенденция на разработку и применение новых технологий, позволяющих обеспечить большую экономическую и экологическую эффективность при строительстве мостовых переходов, чем уже проверенные временем строительные материалы и типовые конструкции. Все больше внимания привлекают проекты мостов и путепроводов с использованием легких конструкционных материалов (рис. 1, 2): легкие бетоны (керамзитобетон, аглопоритобетон и т.д.) [5], полимерные композиты [7], алюминиевые сплавы [6], и облегченных конструкций: пролетные строения с гофрированными металлическими стенками [4] и т.д. Такие решения позволяют значительно снизить собственный вес строения, что позволяет сократить армирование железобетонных элементов, облегчить конструкции опор, оптимизировать монтаж, уменьшить сроки строительства, однако это способствует повышению чувствительности к аэродинамическим воздействиям.

Рис. 1. Первый автомобильный мост из стеклопластика, Новосибирская обл., Россия

Рис. 2. Первый композитный мост в Европе, Германия

2.2. Применяемые способы решения задач аэродинамической неустойчивости

Для проведения анализа аэродинамической устойчивости конструкции пролетного строения моста или путепровода необходимо получить ряд показателей, определяемых геометрическими параметрами поперечного сечения пролета, его аэродинамическими характеристиками обтекания, параметрами ближайших сооружений, поверхности земли, движущихся объектов и т.д.: аэродинамического коэффициента сечения, подъемной силы и силы лобового сопротивления.

На данный момент наиболее распространенным способом вычисления этих параметров остается экспериментальный метод с помощью аэродинамической трубы или ландшафтной аэродинамической трубы, позволяющей учесть фактор изменения воздушного потока за счет поверхности земли. Однако, экспериментальные методы, требующие для своей реализации значительных денежных и временных затрат и не позволяющие рассмотреть воздействие движущихся факторов (транспортных средств) не всегда оправданы в применении. Таким образом, усовершенствование методик моделирования и расчетов задач аэроупругости с помощью программных комплексов обретает все большую необходимость.

Подтверждение применимости этого способа было проведено в рамках работы [1]: исследован численный расчет с помощью пакета прикладных программ «NUMECA» и показано соответствие результатов (динамического коэффициента, числа Струхаля и внешнего очертания вихревой дорожки Кармана) экспериментальным данным, приведенным в работе (рис. 3, 4) [8]. Численный расчет, моделирующий решение уравнений Навье-Стокса, демонстрирует высокий уровень соответствия экспериментальным данным, что подтверждает хорошие перспективы для использования программных комплексов для проведения анализа аэродинамического обтекания твердых тел, в частности, в области мостостроения.

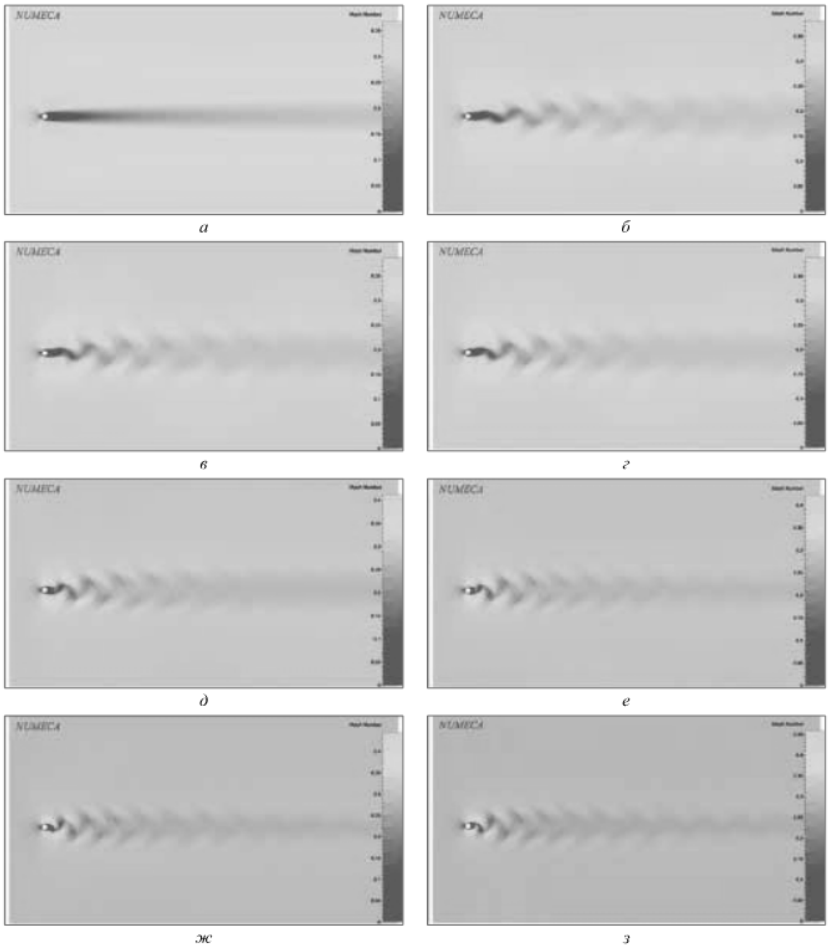


Рис. 3. Течение воздуха вокруг круглого цилиндра при различных числах Рейнольдса (получено с помощью NUMECA FINE/Open [1]):
а – Re = 32; б – Re = 55; в – Re = 65; г – Re = 71; д – Re = 102; е – Re = 161;
ж – Re = 225; з – Re = 28

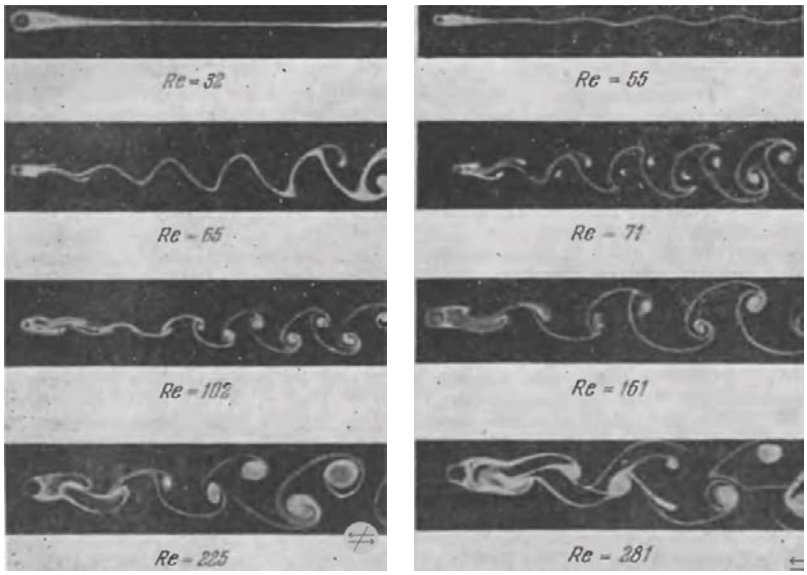


Рис. 4. Течение масла вокруг круглого цилиндра при различных числах Рейнольдса по Хоманну [8, 9]

Стоит отметить, что методы моделирования с помощью программных комплексов уже активно используются для расчета ветрового воздействия на стадиях строительства и экс-

плуатации мостовых сооружений, что позволяет с высокой точностью спрогнозировать вероятность нежелательных последствий от влияния воздушного потока (рис. 5).

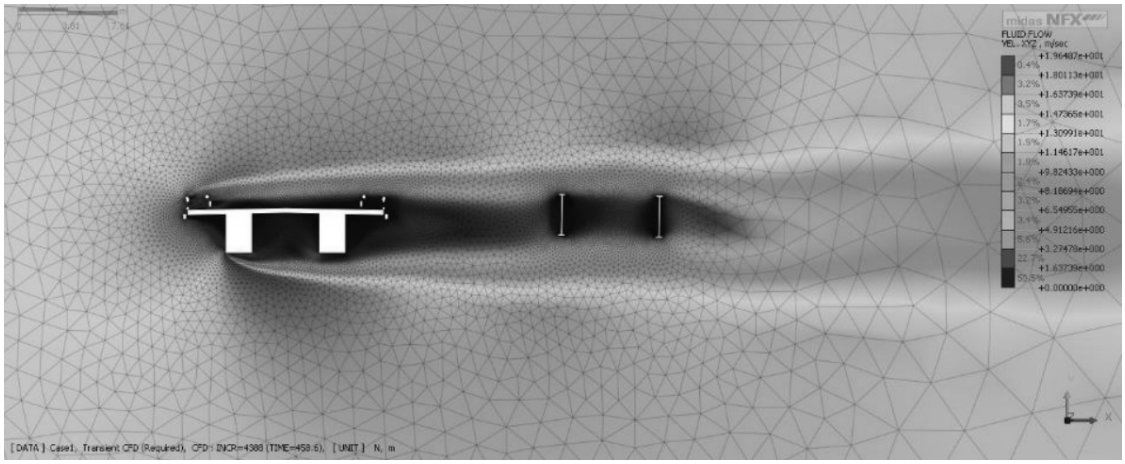


Рис. 5. Пример результата расчета мостового пролета в расчетном комплексе Midas NFX CFD: диаграмма распределения скоростей потока на стадии монтажа

Заключение

Таким образом, можно утверждать, что в условиях современной строительной отрасли исследование аэродинамической устойчивости мостовых конструкций становится обязательным этапом проектирования. Переход к облегченным материалам, таким как полимерные композиты и алюминиевые сплавы, неизбежно повышает чувствительность сооружений к влиянию воздушного потока.

Результаты исследования показывают, что внедрение численных методов расчета и программных комплексов (например, NUMECA FINE/Open) позволяет достичь точности, сопоставимой с натурными экспериментами в аэродинамических трубах. Все это позволяет оптимизировать сроки и стоимость проектирования, обеспечивая при этом высокий уровень безопасности и комфорта как для транспортных потоков, так и для пешеходов.

Список литературы

1. Исследование пригодности ППП «NUMECA» для численного решения задач внешнего обтекания / Мышенков В.И. [и др.]. // Лесной вестник. 2018. Т. 22. № 6. С. 123–131.

2. Казакевич М.И. Аэродинамика мостов. М.: Транспорт, 1987. 240 с.

3. Лабутин Н.А. Совершенствование методов расчета пролетных строений пешеходных путепроводов на аэродинамическое воздействие от высокоскоростных поездов: автореф. дис. канд. техн. наук. СПб., 2024. 20 с.

4. Лукин А.О., Суворов А.А. Пролетные строения мостов с гофрированными металлическими стенками // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 2 (41). С. 45–67.

5. Пардаев О.Н., Саидова Н., Бердиярова М. Легкие современные мосты в современном градостроительстве // Экономика и социум. 2021. № 5 (84). ч. 2. С. 164–167.

6. Перспективы и проблемы применения алюминиевых сплавов при строительстве мостов в Российской Федерации / Коргин А.В. [и др.]. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 9. С. 42–48.

7. Проблемы применения полимерных композиционных материалов в транспортном строительстве/ Овчинников И.И. [и др.]. // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, № 6, 2016. 19 с.

8. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974. 712 с.

9. Homann F. Einfluss grosser Zahigkeit bei Stromung um Zylinder // Forschg. Ing.-Wes. Berlin, 1936. № 7. P. 1–10.

10. Sarah Fernando, Shiromal Fernando, Priyan Mendis Pedestrian Wind Comfort Study Using Computational Fluid Dynamic (CFD) Simulation //Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2020 P. 323–339.

Малышкина Е.Е.
студент
Научный руководитель: ***Александрова О.В.***
к.т.н., доцент,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Россия, Москва
emalyshkina00@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. Долговечность бетона является критически важным эксплуатационным параметром, напрямую определяющим срок службы бетонных конструкций. Получение бетонной смеси с заданными реологическими и прочностными свойствами является жизненно важным технологическим этапом, поскольку качество исходного материала определяет несущую способность конечных железобетонных элементов. В технологическом процессе превращение компонентов бетонной смеси в жидкую неньютоновскую систему с различными реологическими характеристиками, за которым следует затвердевание в структурированную композицию, в значительной степени зависит от изменчивости физико-механических, термофизических и структурно-механических свойств как отдельных компонентов, так и всей смеси в целом.

Ключевые слова: бетонная смесь; транспортировка; реологические свойства; прочность на сжатие; автобетоносмеситель; гидратация цемента; математическое моделирование.

Транспортировка бетонных смесей – важный технологический процесс, влияющий на физико-механические и эксплуатационные характеристики возводимых строительных конструкций. Транспортирование бетонных смесей сопровождается комплексом физико-химических процессов, которые существенно влияют на их структурно-механические свойства [4]. В современных научных работах установлено, что процесс транспортирования бетонной смеси существенно влияет как на её технологические характеристики, так и на эксплуатационные свойства формируемых на её основе конструкций (СП 70.13330.2012). В ходе транспортирования происходят реологические преобразования, подчиняющиеся следующим закономерностям: кинетика изменения вязкости демонстрирует нелинейное возрастание динамической вязкости на 15–20 % в течение первого часа перевозки; наблюдается последующее постепенное снижение вязкости смеси. Изменения плотности выражаются в образовании дефектных областей в приграничных слоях и снижении плотности на периферийных участках на 5–7 %. Указанные структурные изменения имеют системный характер и оказывают заметное влияние на степень однородности бетонной смеси [1]. Транспортирование сопровождается комплексным протеканием физико-химических процессов, в частности гидратацией цемента, активируемой механическим перемешиванием [3].

К числу ключевых технологических особенностей транспортирования бетонной смеси относятся следующие положения:

Частота (интенсивность) перемешивания смеси в пути следования должна строго соответствовать технологическому регламенту, установленному предприятием-изготовителем.

Продолжительность транспортирования находится в обратной зависимости от температуры смеси: чем выше начальная температура, тем меньше допустимое время доставки. В связи с этим температурный режим подлежит обязательному согласованию с заказчиком.

Временной интервал транспортировки, как правило, не превышает двух часов.

Длительность процесса перемешивания регламентируется соответствующими положениями нормативных документов

Доставка бетонной смеси должна производиться в строго установленные дату и время с соблюдением предварительно согласованного с заказчиком интервала поставки.

Прочность на сжатие в бетонной смеси с примесями и без примесей в зависимости от времени транспортирования показана на рисунке 1. 3,5 часа времени транспортировки, воз-

можно, не оказали существенного влияния на прочность на сжатие, и это можно объяснить процедурой смешивания, т.е. непрерывным смешиванием во время изготовления образца. Однако прочность на сжатие бетона с добавкой резко возросла после 150 минут вращения. В то время как бетон без добавки показал незначительное увеличение прочности на сжатие после 150 минут, за которым последовало быстрое падение после 175 минут. Увеличение прочности можно объяснить тем, что увеличение времени перемешивания приводит к испарению воды, т.е. к уменьшению соотношения воды к цементу, что, в свою очередь, увеличивает прочность бетона. Увеличение прочности также можно объяснить эффектом измельчения при чрезмерном перемешивании. Эффект измельчения заключается в том, что по мере протекания процесса гидратации продукты гидратации удаляются с поверхности зерен цемента, что приводит к более мелкой фракции цемента и большему количеству гидратации, что, в свою очередь, приводит к повышению прочности.

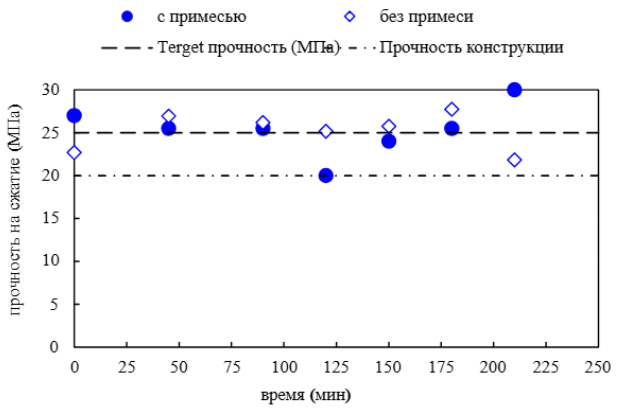


Рис. 1. Прочность на сжатие в бетонной смеси с примесями и без примесей в зависимости от времени транспортирования

Ключевая научная проблема заключается в отсутствии комплексных и адаптивных математических моделей, способных прогнозировать в реальном времени внутренние состояния системы (температура, влажность, степень гидратации, реологические свойства), компенсировать стохастические и детерминированные возмущения, а также реализовывать оптимальные управляющие воздействия (функция – скорость вращения рабочего элемента) с учетом нелинейных функциональных зависимостей между входными переменными и выходными характеристиками технологического процесса [5].

Даже при правильной транспортировке бетонной смеси на строительную площадку полностью избежать изменения характеристик материала невозможно. Это возникает в результате вибраций, возникающих при тряске. Вибрации самого автомобиля могут усилить данный эффект. Поэтому при доставке бетонной смеси происходит ее чрезмерное уплотнение.

При выборе средств для транспортирования бетонной смеси должен учитываться и такой показатель, как максимально допустимое расстояние перевозки смеси без необратимых изменений ее качества, зависящий от начальной подвижности смеси, вида дорожного покрытия, температуры окружающей среды и конструкции транспортного средства [2]. Время одного рейса автобетоносмесителя устанавливается хронометражем и расчетом в зависимости от расстояния от объекта до бетонного завода и других факторов (рис. 2).

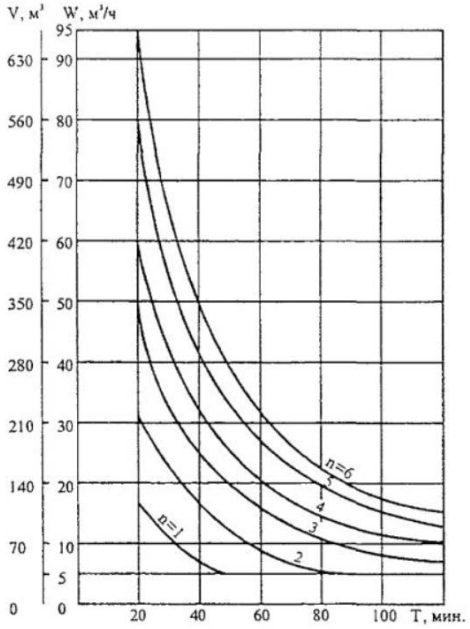


Рис. 2. Зависимость от расстояния от объекта до бетонного завода и других факторов: V – объем бетонной смеси, укладываемой в смену, м^3; W – интенсивность бетонирования, м^3/ч; T = T1 + T2 – суммарное время загрузки и пребывания в пути, мин.; n – количество автобетоносмесителей, доставляющих бетонную смесь, шт.

Транспортирование бетонной смеси от места изготовления до места укладки оказывает существенное влияние на её итоговые характеристики. Нарушение регламентированных режимов доставки может обусловливать возникновение ряда критических отклонений, к числу которых относятся:

• Изменение консистенции. Вибрационные воздействия, неизбежно сопровождающие процесс перемещения, инициируют сегрегацию (расслоение) смеси с разделением её компонентов. Применение такой смеси затрудняет процессы её укладки и последующего уплотнения.

• Потеря влаги. Длительное нахождение смеси в пути, особенно при повышенных температурах окружающей среды, способствует испарению воды. Нарушение условий доставки приводит к обезвоживанию материала, что негативно сказывается на водоцементном отношении и, как следствие, на формировании структуры бетона.

• Снижение активности цемента. Продолжительный контакт с атмосферным воздухом инициирует преждевременную гидратацию и частичную потерю вяжущих свойств цемента. Это, в свою очередь, влечёт уменьшение прочности и ухудшение физико-механических показателей затвердевшего бетона

Анализ ключевых свойств бетонной смеси и требований к её транспортированию позволяет выделить следующие значимые аспекты:

- Процесс транспортирования бетонной смеси непосредственно сказывается на её качественных показателях, а также на свойствах формируемых на её основе строительных конструкций.
- Организация эффективной доставки материала требует тщательной проработки логистической схемы, учёта внешних условий (включая температурно-влажностный режим и состояние дорожного полотна) и безусловного соблюдения технологических регламентов.
- Для преодоления типичных трудностей, возникающих на этапе перевозки, целесообразно применение инновационных технических решений: установка специализированных датчиков, позволяющих контролировать режим перемешивания смеси; внедрение системы непрерывного мониторинга местоположения автобетоносмесителей с использованием спутниковой навигации; автоматизированное построение оптимальных маршрутов движения с учётом дорожной обстановки.

Список литературы

1. Вернигорова В.Н., Саденко С.М. О нестационарном характере физико-химических процессов в бетонной смеси // Строительные материалы. – 2017. – № 1-2. – С. 86–89.
2. De La Rosa Á., Ruiz G., Masih V.W., Zanon R.,Innovative high-technology concrete mix design method integrating rheological properties and Fracture Mechanics // Construction and Building Materials, – 2025. – Vol. 458, P. –139538.
3. Shirzadi J.A.A., Ghoddousi P., Aghajani S. Investigating the Effects of Mixing Time and Mixing Speed on Rheological Properties, Workability, and Mechanical Properties of Self-Consolidating Concretes // International Journal of Civil Engineering. – 2020. – Vol. 19. – P. 1-17.
4. Fedosov S.V., Bakanov M.O., Aleksandrova O.V. Heat and mass transfer in concrete mixtures during transpor-taion along the route «Manufacturer of liquid-phase solution – consumer of solid-phase concrete» // Construction Materials and Products. – 2025. – № 8 (6). С. 6.
5. Ferraz D., Martho A., Burns E..Effect of Mixing Procedure on the // Rheological Properties and Hydraton Kinetics of Portland Cement. – 2020. 2020. – Vol. 23. – P. 311–319.

Ворожцов Г.Д.
студент
Научный руководитель: ***Евсиков И.А.***
старший преподаватель,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Санкт-Петербург
vorozhtcov2002@gmail.com

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЗДАНИЯ ПО IFC-МОДЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTHON И IFCOPENSHELL

Аннотация. В статье рассмотрен пример расчёта теплопотерь здания на основе IFC-модели в BIM-среде. Частой проблемой является трудоёмкость и временные затраты при ручном расчёте теплопотерь. Целью исследования стало создание скрипта на языке Python с использованием библиотеки IfcOpenShell, который позволяет автоматически выполнять расчёт теплопотерь здания. В работе описан разработанный алгоритм, который получает определённые свойства объектов, считает теплопотери здания и формирует отчёт.

Ключевые слова: BIM; IFC; Python; IfcOpenShell; теплопотери здания.

Введение

В настоящее время снижение теплопотерь в зданиях остаётся одной из наиболее практичных задач повышения энергоэффективности здания. Значительная часть эксплуатационных расходов на отопление приходится на теплоотдачу через ограждающие конструкции. Для инженеров отопления это не просто цифры, а конкретный инструмент для принятия решений.

В реальности расчет теплопотерь зачастую выполняется вручную. Такой подход трудоёмок, особенно при регулярных изменениях проекта. Перерасчеты занимают время и силы.

Также в последние годы более востребованным стало российское программное обеспечение, такое как Renga Professional, NanoCAD, Model Studio и другие. Для этих программ написано меньше скриптов и плагинов по сравнению с западными решениями (Autodesk Revit, ArchiCAD). Работа с API функциями программ непростая и требует времени на изучение. Скрипт на Python для IFC-файла является более универсальным решением, так как не привязывается к определённому ПО.

В связи с этим задача автоматизации процесса расчета теплопотерь по IFC-модели выглядит естественным шагом развития инженерных процессов.

Анализ предметной области

BIM (Building Information Modeling) – это технология информационного моделирования зданий и сооружений. В российском законодательстве закреплен аналогичный термин – технология информационного моделирования ТИМ [3]. BIM представляет собой целостную цифровую модель здания, включающую в себя информацию обо всех элементах проекта.

IFC (Industry Foundation Classes) – формат данных с открытой спецификацией, которая содержит все необходимые характеристики, описывающие данные информационной модели. Он обеспечивает обмен данными между разными BIM программами.

В ходе данной работы были проанализированы источники [1,3,4]. В этих статьях рассматривается роль BIM-технологий в проектировании и влияние единой информационной модели на сокращение ошибок и сроков проектирования.

В расчет теплопотерь включаются следующие элементы:

- Стены (IfcWall);
- Окна (IfcWindow);
- Перекрытия (IfcSlab);
- Кровля (IfcRoof).

Именно эти элементы формируют «коробку» здания, по которой считаются теплопотери.

Входными данными служит сам IFC-файл, а именно свойства, заложенные в каждом элементе модели:

- Площадь поверхности;
- Коэффициент теплопередачи.

Алгоритм расчета

С помощью формулы (1) выполняется расчет количества теплового потока от элемента информационной модели:

$$Q = S * k * \Delta t, \tag{1}$$

где S – площадь поверхности элемента, м^2; k – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·°С); Δt – разница температур между внешней и внутренней средой, °С.

На первом этапе программы из IFC-файла выбираются только элементы классов «IfcWall», «IfcWindow», «IfcSlab» и «IfcRoof». На следующем этапе применяется фильтрация для стен и перекрытий, так как они могут являться как внутренними, так и внешними. За это отвечает параметр «IsExternal», в случае, когда он равен значению «True» элемент является внешним.

Внутри IFC-файла данные группируются. На примере элемента стены, геометрические параметры хранятся в «Qto_WallBaseQuantities», а аналитические в «Pset_WallCommon» (рис. 1).

Pset_WallCommon		
IsExternal	Yes	
Reference		
U-Value	0,7	
Qto_WallBaseQuantities		
Height	3 300	mm
Length	5 200	mm
NetFootprintArea	1,68	m2
NetSideArea	12,48	m2
NetVolume	5,31	m3
NetWeight	4 248	kg
Width	400	mm

Рис. 1. Данные элемента

Температура внутри и снаружи здания задаётся пользователем вручную. В процессе обработки IFC-модели скрипт ищет параметр «U-Value». Для него реализована валидация данных: если значение «U-Value» отсутствует или не заполнено, в отчёте выводится, что у данного элемента этот параметр не задан. Площадь элемента получается из атрибута «NetSideArea».

Результаты автоматически выгружаются в CSV-отчёт (рис. 2), содержащий идентификатор элемента, IFC-класс, наименование, этаж, площадь, коэффициент теплопередачи, разница температур, тепловой поток в Вт и кВт, а также суммарное значение теплопотерь. Такой формат удобен для предварительного понимания суммарных теплопотерь здания.

GlobalId	IFC-класс	Наименование	Этаж	Площадь	U-value Вт	ΔT °C	Теплопоте	Теплопотери кВт
1VAo5lC04xt9F0Zx$R3KE7	IfcWindow	Окно - Одностворчатое: 1 200,00 мм x 600,00 мм	1-й этаж	0.720	1.900	48.0	65.7	0.066
112bJLfODrixKQEfheSZZ6	IfcWindow	Окно - Одностворчатое: 600,00 мм x 600,00 мм	1-й этаж	0.360	1.900	48.0	32.8	0.033
11SIr0kNRpZ0RILbVs7X3s	IfcWindow	Окно - Одностворчатое: 600,00 мм x 600,00 мм	1-й этаж	0.360	1.900	48.0	32.8	0.033
04F2ihbnhkrkjK0d2h_DmU	IfcWindow	Окно - Трехстворчатое: 2 100,00 мм x 1 800,00 мм	1-й этаж	3.780	1.900	48.0	344.7	0.345
3wXaivxtQu8ZlZFZO0f6DG	IfcWindow	Окно - Трехстворчатое с фрамугой: 1 800,00 мм x 1	1-й этаж	3.240	1.900	48.0	295.5	0.295
258TvleeVpm6QxQKAUbON$	IfcWindow	Окно - Одностворчатое с фрамугой: 600,00 мм x 1	1-й этаж	1.080	1.900	48.0	98.5	0.098
1kycawV4D81dXXjgC$EFLM	IfcWindow	Окно - Одностворчатое с фрамугой: 600,00 мм x 1	1-й этаж	1.080	1.900	48.0	98.5	0.098
3c7hYFzORMaPbXQwr$c0NH	IfcWindow	Окно - Двустворчатое с фрамугой и разными створ	1-й этаж	2.240	1.900	48.0	204.3	0.204
3DqbxmpHk7RZ7iVT0ViWhf	IfcWindow	Окно - Одностворчатое с фрамугой: 600,00 мм x 1	1-й этаж	0.960	1.900	48.0	87.6	0.088
1XvYTalAENQYeMlvSKQiBO	IfcWindow	Окно - Одностворчатое: 1 200,00 мм x 600,00 мм	1-й этаж	0.720	1.900	48.0	65.7	0.066
3VYoKtFODXP4w8qwdiQanI	IfcWindow	Окно - Двустворчатое: 1 400,00 мм x 1 600,00 мм	2-й этаж	2.240	1.900	48.0	204.3	0.204
1IG7A9IimhR$$PamwmLIhY	IfcWindow	Окно - Двустворчатое: 1 400,00 мм x 1 600,00 мм	2-й этаж	2.240	1.900	48.0	204.3	0.204
2fWkSqXC_k6G5dLtsVeBLZ	IfcWindow	Окно - Одностворчатое: 600,00 мм x 1 400,00 мм	2-й этаж	0.840	1.900	48.0	76.6	0.077
1xgjqsxPegnMpEsLBAenhw	IfcWindow	Окно - Одностворчатое: 600,00 мм x 1 400,00 мм	2-й этаж	0.840	1.900	48.0	76.6	0.077
2L3DPUIFJhMR3LFsuBiNhW	IfcWindow	Окно - Одностворчатое: 1 200,00 мм x 600,00 мм	2-й этаж	0.720	1.900	48.0	65.7	0.066
1PAdRzPcShQLsBym1OjklV	IfcWindow	Окно - Двустворчатое: 1 600,00 мм x 1 400,00 мм	2-й этаж	2.240	1.900	48.0	204.3	0.204
25X$m55Nd8Hzd3BlMNXv1u	IfcRoof	Крыша: 200,00 мм	Кровля	11.540	0.200	48.0	110.8	0.111
2dnafaAkkA2SFBUntOI0ci	IfcRoof	Крыша: 200,00 мм	Кровля	161.621	0.100	48.0	775.8	0.776
0iArp5GtlmQDHhSKzfZSAf	IfcRoof	Крыша: 200,00 мм	Кровля	89.760	0.100	48.0	430.8	0.431
2kyGxCwI2O_XdnfDdk_eDk	IfcRoof	Крыша: 200,00 мм	Кровля	23.497	0.200	48.0	225.6	0.226
			ИТОГО				17150.3	17.150

Рис. 2. CSV-отчёт

Программная реализация

Скрипт реализован на языке программирования Python с использованием библиотеки IfcOpenShell, обеспечивающей доступ к структуре IFC-файла. Выбор языка Python обусловлен его простотой, а библиотека IfcOpenShell предоставляет необходимые средства для чтения данных.

IFC-модель загружается методом «ifcopenshell.open()», нужные элементы выбираются через «by_type()». Свойства считываются с помощью «ifcopenshell.util.element.get_psets()».

Заключение

В статье реализован автоматизированный подход для расчета теплопотерь. По информационной модели частного дома, созданной в ПО Renga Professional, был выполнен расчёт теплопотерь. Жилая площадь дома равна 221 м2 (2 этажа). Суммарные теплопотери при наружной температуре -28 °C и внутренней 20 °C получились равны 17,15 кВт. Стоит отметить, что в данной работе учитываются теплопотери только через ограждающие конструкции.

Практическая значимость работы заключается в сокращении трудозатрат и ускорении перерасчетов теплопотерь при изменении модели на ранних этапах проектирования. В дальнейшем планируется расширить функционал скрипта и учесть климатический фактор, а также теплопотери на вентиляцию.

Список литературы

1. Погосова Е. Б. Анализ особенностей программных комплексов, поддерживающих технологии информационного моделирования при проектировании зданий // ИВД. 2023. № 3 (99).

2. Мырадова А. О., Дурдыев С. С., Кичигулова М. Д. Информационная модель здания (BIM) // Инновационная наука. – 2024. – № 9-2. – С. 222-225.

3. Официальный сайт Renga Software URL: https://rengabim.com/stati/chto-takoe-bim/ (дата обращения: 13.04.2026).

4. В. Горохова BIM-ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ // Вестник магистратуры. 2022. № 2-2 (125).

Иванов И.И.
студент,
Ivanov2641@mail.ru
Научный руководитель: ***Устинова Ю.В.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ПУТИ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЛИНКЕРА ДЛЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы предложенные пути экономии топлива при производстве клинкера для портландцемента, как снижение влажности шлама с использованием пластификаторов, использование альтернативного топлива, применения минерализаторов для снижения температуры обжига, а также комбинированные способы подготовки сырья и модернизации теплообмена.

Ключевые слова: портландцемент; клинкер; пластификатор; минерализатор; шлам; альтернативное топливо; комбинированные способы.

Производство портландцементного клинкера относится к наиболее энергоемким отраслям промышленности строительных материалов. В России до сих пор около 80 % цемента производится по мокрому способу, что обусловливает высокий удельный расход топлива до 215 кг у.т. на тонну клинкера [7]. Сухой способ позволяет снизить показатель почти вдове, но требует значительных капитальных затрат и повышенного расхода электроэнергии [7]. В связи с этим актуальным является поиск и внедрение менее затратных технологический решений, позволяющих снизить теплопотребление на действующие предприятиях.

Цель данной работы обобщить известные и новые пути экономии топлива при производстве клинкера портландцемента, включая снижение влажности шлама, использование альтернативных видов топлива, применение минерализаторов и комбинированных способ подачи сырья.

Цементный сырьевой шлам представляет собой полидисперсную систему с влажностью 35-50 %. На испарение воды при мокром способе расходуется 35-40 % тепла, поэтому каждое снижение влажности на 1 % уменьшает расход топлива на 1-1,5 и повышает производительно печи на 1.5 % [7].

Эффективным способом снижения влажности при сохранении текучести является введение пластификаторов. Применение лигносульфонатная технического (ЛСТ) в количестве 0,15-0,20 % позволяет снизить влажность шлама на 3-4 % без потери подвижности. При этом экономия тепла составляет 65-85 ккал/кг клинкера, а производительность печи возрастает на 3-5 % [1, 6]. Пластификаторы также выполняют роль диспергаторов, уменьшая размер частиц и повышая реакционную способность сырьевой смеси. Помимо ЛСТ, эффективная сульфитно-спиртовая барда (0,15 % по массе снижает влажность с 35 % до 30 %). В современной практике разрабатываются комплексные пластификаторы на основе отходов промышленности, что позволяет одновременно утилизировать техногенные материалы и снижать теплозатраты [1, 6].

Традиционные топливо (газ, мазута, уголь) на цементных заводах может быть частично или полностью заменено альтернативными источниками энергии. Сжигание в печах отходов с высокой теплотворной способностью (автомобильные шины, полиэтилен, резина, биогаз) позволяет не только сократить затраты на ископаемое топливо, а также решить экологические проблемы утилизации [7].

Особое внимание заслуживает использование твердого топлива из коммунальных отходов (RDF-топливо). В 2025 году в России введен в действие ГОСТ Р 71858-2024, устанавливающий технические требование к такому виду топлива [2]. Отраслевая программа предусматривает доведение и потребление RDF-топлива до 3 млн тонн в год к 2030 году. Высокие температуры в зоне обжига (до 1450^{0}С) и длительное пребывание газов обеспечивают полное

сгорание органической части отходов, а минеральный остаток замещает часть сырья, что и делает этот метод безотходным. По сравнение с твердыми отходами более экономически может быть использование биогаза, получаемого на полигонах ТБО или очистных сооружениях. Для получения 1м^3 биогаза достаточно 3-7кг мусора или 2-3м^3 сточных вод. Цементные печи обеспечивают исключительно полное сгорание органических компонентов отходов, включая такие опасные соединения, как диоксины, благодаря тому что температура в зоне обжига превышает 1450^{0}С, а время пребывания газов составляет 4-6 секунд. При этом минеральная часть отходов не образует золы в традиционном понимании, а полностью встраивается в структуру клинкера, замещая часть сырьевых материалов. Дополнительным преимуществом является то, что щелочная среда цементной шихты эффективно нейтрализует кислые газы (например, HCl, SO_2), образующиеся при сгорании, что снижает выбросы и исключает необходимость в дорогостоящих системах газоочистки.

При введении в сырьевую смесь добавок минерализаторов позволяет снизить температуру образования жидкой азы и ускорить реакцию клинкеробразования, наиболее эффективны фториды кальция (CaF_2) и натрия (NaF), кремнефторид натрия (Na_2SiF_6), хлорид кальция ($CaCl_2$), а также комплексные добавки [7].

В присутствие минерализаторов разложение карбоната кальция протекает через стадию образования двойных солей, что снижает температуру разложения, например, добавка 0,5-1 % смесей CaF_2 и NaF позволяет снизить температуру обжига на 50-120 ^{0}С, уменьшить расход топлива на 5-7 % и повысить производительность печей на 5-10 %. Эффективность минерализаторов возрастает при их совместном применении [7]. Использование фторсодержащих отходов алюминиевого производства (электродный бой, криолитсодержащая пыль) дает двойной эффект: фториды снижают температуру спекания, а присутствующий углерод выступает как дополнительное внутреннее топливо, экономия до 6 кг у.т./т. клинкера.

Значительный резерв экономии топлива на печах мокрого способа заложен в комбинированной подаче сырья, способом, разработанным учеными БГТУ им. В.Г. Шухова, метод Мишина – Сысоева, предусматривает ввод во вращающуюся печь двух потоков: основного – в виде влажного шлама и дополнительного – сухой сырьевой муки, подаваемой в зону цепной завесы [3,4,5]. Смешение потоков снижает общую влажность материала, поступающего в зону обжига, и уменьшает теплозатраты на испарение воды. Промышленное внедрение метода показало снижение расходов топлива на 35-40 % при увеличении производительности печи в 1,8 раза без капитальной реконструкции.

Дополнительный эффект дает модернизация внутренних теплообменных устройств. Использование усовершенствованных цепных завес, керамических барабанов с конусными ячейками, свободно вращающихся обечаек с трубами позволяет интенсифицировать теплообмен между газами и сырьем, сократить теплопотери и повысить стабильность технологического процесса. По данным отраслевых отчётов, оптимизация цепных завес снижает температуру отходящих газов на 50-70^{0}С, что дает экономию топливо на 10-15 % [4].

Проведенный анализ показывает, что проблема снижения расхода топлива при производстве портландцементного клинкера требует комплексного подхода, учитывающего технические, экономические и экологические аспекты. Наиболее распространенные направления были рассмотрены выше. Сочетание этих методов позволяет достичь значительного снижения энергозатрат без кардинальной реконструкции производства, что особенно важно для предприятий с мокрым способом производства, сохраняющих свою значительную долю в цементной отрасли России.

Список литературы

1. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1980. 472 с.

2. ГОСТ Р 71858-2024. Топливо альтернативное из твердых коммунальных отходов для цементной промышленности. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2025.

3. Мишин Д.А., Сысоев А.Н. Способ получения портландцементного клинкера: пат. 2783930 С1 Рос. Федерация. – № 2022110483

4. Отчёт БГТУ им. В.Г. Шухова о внедрении ресурсосберегающих технологий в цементном производстве. – Белгород, 2025.

5. Сысоев А.Н., Мишин Д.А. Внедрение нового способа производства на предприятиях группы компаний «Востокцемент» // Цемент и его применение. – 2023. – № 4. – С. 22–23

6. Таймасов Б.Т. Технология производства портландцемента. Шымкент: ЮКГУ, 2003. 297 с.

7. Устинова Ю.В., Никифорова Т.П. Пути экономии топлива при производстве клинкера портландцемента // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2014. Вып. 4(35). Ст. 1. Режим доступа: http://www.vestnik.vgasu.ru/

Воротова И.А.
студент,
irinavorotova4726@gmail.com
Научный руководитель: ***Устинова Ю.В.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ГРАФЕНОВЫЕ ТРУБКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В работе исследовались углеродные нанотрубки (графеновые трубки), их физико-химический состав, структура, технология получения, проблема диспергации нанотрубок в бетоне, пути решения и сравнительные характеристики каждого метода. Рассмотрены перспективные направления применения графеновых трубок в строительстве для улучшения физико-химических свойств материалов.

Ключевые слова: графеновые трубки; углеродные нанотрубки; наноматериалы; диспергация.

Цель статьи: обобщить знания свойств и методов получения углеродных нанотрубок, а также рассмотреть эффективные способы их диспергации в цементных системах для повышения эксплуатационных характеристик строительных материалов.

Физико-химические свойства материалов в строительной отрасли – важный аспект при выборе решений, направленных на борьбу с коррозией, теплопотерями и преждевременным разрушением конструкций. Для получения новых свойств или изменения показателей старых необходимо применение инновационных решений. Углеродные нанотрубки – наноразмерные цилиндры, образованные путем сворачивания графенового листа, состоящего углеродных шестигранников, в которых атомы углерода связаны прочной ковалентной связью (рис. 1). Такие трубки могут имеют одностенную или многостенную структуру. Одностенные имеют на каждом атоме углерода пару π-электронов, которые не участвуют в образовании связи и создают π-электронное облако по всей длине УНТ. Электропроводность в них определяется углом, под которым сворачивается лист графена (хиральность). Существуют металлические нанотрубки (проводят ток), они применяются для создания электропроводящих бетонов, и полупроводниковые, которые незаменимы в производстве высокочувствительных сенсоров и микроэлектроники.

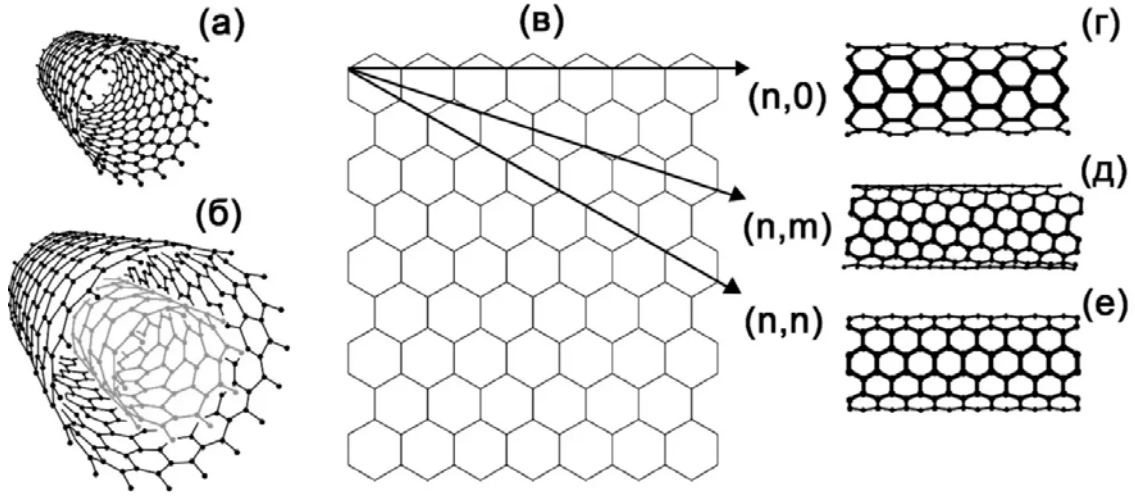


Рис. 1. Однослойная и многослойная углеродная нанотрубка; решетка графена, составляющая УНТ с радиус-векторами (в), соответствующими углеродным нанотрубкам с зигзагообразной конфигурацией (г), хиральной конфигурацией (д) и конфигурацией «кресло» (е)

Методы синтеза углеродных нанотрубок

Существуют различные способы образования УНТ (рис. 2). Самым первым считается «Метод электродугового разряда (электродугового испарения)». Зажигание плазмы дугового разряда между двумя стержнями из высокочистого графита происходят в камере, которая заполнена инертным газом при давлении около 500 Торр (=66661,18421054 Па). Многослойные структуры образуются при испарении чистых графитовых электродов на катоде нарастает цилиндрический осадок, а внутри данного осадка образуются многослойные нанотрубки и многогранные графитовые наночастицы. Однослойные структуры образуются при наличии в графитовом аноде катализатора с переходными металлами (Co, Ni, Fe или их смеси). Нанотрубки конденсируются в виде паутинки на стенках камеры.

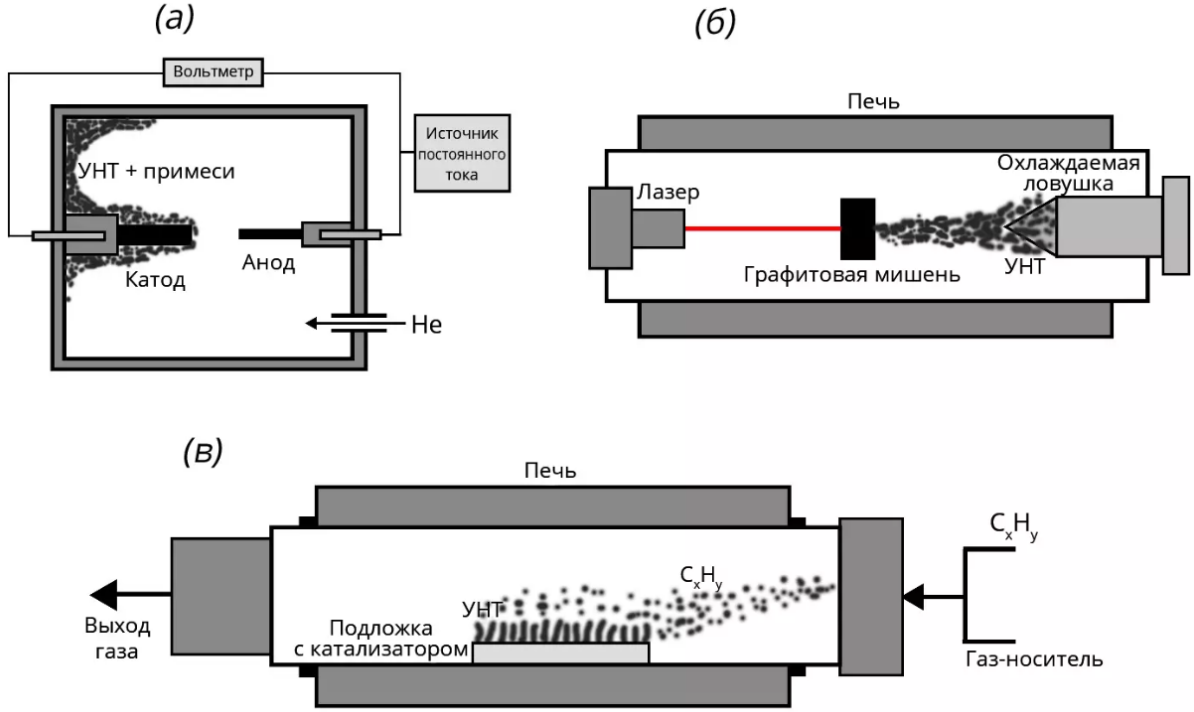


Рис. 2. Схема установок для получения углеродных нанотрубок методами электродугового разряда (а), лазерное испарение (б), каталитическое разложение углеводородов (в)

Следующий способ «Лазерное испарение (Лазерная абляция)» был разработан для получения фуллеренов, но его успешно преобразовали для синтеза УНТ. Лазер направляет мощные импульсы внутрь кварцевой трубки, облучая высокочистый графит, который помещен в высокотемпературную печь (около 1200 °C). Через данную систему продувается аргон и пары углерода конденсируются на охлаждённом медном коллекторе. Для образования однослойных структур необходимо добавление смеси металлов (Co, Ni, Fe или их смеси в соотношении с углеродом). Данный метод характеризуется высоким выходом продукта (до 70-90 %), а однослойные структуры имеют свойство объединяться в плотные пучки (агломерация).

Наиболее перспективным для промышленного производства является «Метод каталитического разложения углеводородов». В трубчатой печи при температуре от 500 до 1000 С происходит пиролиз (термическое разложение) углеводородных газов (метана, ацетилена, этилена, бензола) над частицами металлического катализатора (Co, Ni, Fe). При этом молекулы углеродосодержащего газа контактируют с поверхностью наночастиц металла-катализатора, распадаются на атомы углерода и водорода. Углерод растворяется в частице жидкого металла до образования карбида металла и выделяется в виде углеродного цилиндра (нанотрубки). Данный метод характеризуется лёгкостью в увеличении масштабов производства.

Проблема диспергации углеродных нанотрубок в строительных материалах

Одной из главных проблем применения углеводородных нанотрубок в строительной промышленности является диспергация, вызванная действиями сил Ван-дер-Ваальса между графеновыми листами и большой удельной площади поверхности. Нанотрубки самопроизвольно склеиваются, образуя прочные переплетенные пучки. Если не выполнить процесс диспергирования, эффективность действия индивидуальных нанотрубок будет отсутствовать. Существуют различные этапы отделения нанотрубок друг от друга (диспергация). Начинают с ультразвуковой обработки. Нанотрубки помещают в растворитель, которым чаще всего выступает органические растворители с поверхностным натяжением приблизительно равным поверхностному натяжению трубки (диметилформамид ~37 мН/м, толуол ~28,5 мН/м, дихлорэтан ~32 мН/м). При этом вода ~72 мН/м не может выступать растворителем в силу слишком высокого поверхностного натяжения, она «старается» сжаться в каплю и выталкивает гидрофобную трубку. У лёгких спиртов и гексана ~22 мН/м наоборот поверхностное натяжение слишком низкое, они обволакивают трубку, но сил взаимодействия не хватает, чтобы удержать от дальнейшего слипания. Самым лучшим решением выступает толуол, так как молекула толуола содержит бензольное кольцо, которое при смешивании «прилипает» к решетке нанотрубки плоскость к плоскости (π-π стэкинг), а растворитель не даёт им соприкасаться. В растворителе их подвергают сильному ультразвуковому воздействию. Ультразвук вызывает образование и схлопывание микропузырьков в жидкости (кавитация), ударные волны разрывают Ван-дер-Ваальсовы связи в трубках, тем самым «распутывая» пучки, но при отключении ультразвука, трубки начинают слипаться обратно.

Для того, чтобы добиться более долговременного эффекта, добавляют поверхностно-активные вещества. Чаще применяются додецилсульфат или неионогенные поверхностно-активные вещества (например, Triton X-100, который имеет бензольное кольцо, позволяющее прочно «прилипать» к стенкам решетки нанотрубки). Гидрофобная часть молекулы поверхностно-активного вещества адсорбируется на поверхности нанотрубки, а гидрофильная взаимодействует с водой. Вокруг каждой трубки создаётся электростатический барьер, который отталкивает их друг от друга, не давая произойти агломерации.

Самостоятельное и стабильное диспергирование в воде или спиртах можно добиться химическим окислением без добавления поверхностно-активных веществ. Но при этом частично разрушается структура стенки трубки, которое ведёт к ухудшение прочностных характеристик, а также тепло- и электропроводности.

Нанотрубки кипятят в сильных кислотах (азотная кислота или смесь азотной и серной кислот), которые образуют дефекты в стенках и на концах нанотрубок, присоединяя к углероду кислородосодержащие группы (гидроксильные -OH и карбоксильные -COOH), что «заставляет» нанотрубки соединяться с водой, образуя однородную и стабильную суспензию, а не друг с другом.

Последним этапом является центрифугирование, которое необходимо после ультразвуковой обработки и добавления ПАВ или растворителей, так как полученная жидкость всё

еще содержит одиночные трубки, неразбитые пучки, частицы катализатора и аморфный углерод (сажу). Суспензию помещают в центрифугу, в которой под действием центробежных сил тяжёлые частицы оседают на дно в виде плотного осадка, а в верхней части остаётся однородная суспензия с диспергированными нанотрубками.

Применение графеновых трубок в строительстве

Углеродные нанотрубки обладают механическими, электрическими, теплофизическими свойствами, поэтому становятся актуальны для практического использования в строительной отрасли в качестве наномодификаторов цементных и бетонных композитов. Препятствием при внедрении может стать высокая удельная стоимость нанотрубок, но за счёт ультрамалых дозировок (обычно от 0,001 % до 0,05 % от массы вяжущего вещества) это экономически выгодно.

Пример использования УНТ в бетоне: бетон обладает высокой прочностью на сжатие, но имеет низкую прочностью на растяжение и изгиб, а также склонен к хрупкому разрушению из-за образования микротрещин. Введение УНТ решает эти проблемы, так как нанотрубки имеют высокую прочность на разрыв, большое соотношение длины к диаметру и внутри бетонной матрицы играют роль «наноарматуры». Микротрещины в бетоне натыкаются на сетку из нанотрубок, которые принимают напряжение на себя, сдерживают рост трещины ещё до того, как она достигнет макромасштаба. Помимо этого, поверхность нанотрубок служит подложкой для роста кристаллов гидросиликата кальция, который является главным компонентом, отвечающим за прочность цемента. Трубки выполняют функцию упорядочивания роста кристаллов вокруг себя, создавая более плотную и однородную структуру цементного камня. Благодаря уплотнению структуры бетоны, снижается его пористость, а значит в материал снижается проницаемость материала для воды, что повышает морозостойкость и водонепроницаемость, защищая внутреннюю арматуру от коррозии.

Одним из самых инновационных, но уже реализуемых на практике направлений применения УНТ, является создание «Умного бетона». Большинство углеродных нанотрубок отлично проводят электрический ток (это зависит от их хиральности). Если равномерно распределить их в бетоне, весь бетонный блок становится токопроводящим (формируется перколяционная сеть). В момент получения нагрузки на бетонную колонну или балку, она деформируется минимально и при сжатии или растяжении расстояние между нанотрубками внутри бетона меняется, что отражается на электрическом сопротивлении всего элемента, которое можно отследить в режиме реального времени. Это позволяет дистанционно определять момент зарождения трещин задолго до того, как они становятся заметны снаружи.

Вывод

Работа подтверждает, что внедрение графеновых трубок в строительную отрасль открывает путь к созданию бетонов нового поколения с повышенной прочностью и возможностью дистанционного мониторинга состояния сооружения. При этом решение проблемы диспергации в промышленных масштабах является необходимым условием для перехода от лабораторных испытаний к широкому практическому применению данных нанотехнологий.

Список литературы

1. Б. Д. Аннин, Ю. А. Баимова, Р. Р. Мулюков, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, УСТОЙЧИВОСТЬ, КОРОБЛЕНИЕ ГРАФЕНОВЫХ ЛИСТОВ И УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, 2020. 176-178 с., 179 с.
2. В.В. Лепов, Д.Н. Попов, А.С. Анисимов, Прочность и электропроводность бетонных композитов, модифицированных оксидом графена, 2025
3. Г.Д. Фёдоров, Г.Н. Александров, А.П. Скрябин, К.Ф. Баишев Влияние оксида графена на прочность при сжатии цементного кмня//Строительные материалы, 2018. 1-2 с., 11-17 с.
4. П. Харрис Углеродные нанотрубы и родственные структуры. Новые материалы 21 века. Перевод с английского под редакцией и дополнением Л.А. Чернозатонского 2003. 21-24 с., 39-42 с., 51 с., 66-93 с., 107-108 с., 153-155 с.
5. Электронный ресурс: А. В. Иванов, 2022. https://bigenc.ru/c/uglerodnye-nanotrubki-8b1fb1?ysclid=mnjz8y11i6131121094

Чиркова К.А., Мельчакова О.Ю., Коновалов К.С.
студенты,
chirkovakris@yandex.ru
Научный руководитель: ***Муфтахутдинова З.Р.***
старший преподаватель,
Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова,
Россия, Ижевск

КОНЦЕПЦИЯ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НУЛЕВЫХ СБРОСОВ (ZLD) НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аннотация. В статье представлены результаты разработки концепции реализации технологии нулевых сбросов (ZeroLiquidDischarge, ZLD) на машиностроительном предприятии. Актуальность работы обусловлена ростом водопотребления и ужесточением нормативных требований к качеству сточных вод. Предложены технологические схемы раздельной очистки сточных вод, а также системы охлаждения. Разработанная концепция включает комбинацию методов нейтрализации, флотации, механической фильтрации, обратного осмоса и выпаривания. Выполнена предварительная оценка затрат на реализацию системы.

Ключевые слова: очистка сточных вод; технология нулевых сбросов; обратный осмос; выпаривание; машиностроительное предприятие; гальваническое производство; лакокрасочное производство.

Современное развитие промышленности, в особенности машиностроения, сопровождается ростом водопотребления и увеличением объема образующихся сточных вод. Одновременно с этим ужесточаются нормативные требования к сбросу загрязняющих веществ в централизованные системы водоотведения и водные объекты [4, с. 4]. В этих условиях одной из наиболее перспективных стратегий является внедрение технологии нулевых сбросов (Zero Liquid Discharge, ZLD), обеспечивающей максимальное извлечение воды из сточных потоков и ее повторное использование в технологическом цикле, а также минимизацию объема жидких отходов [3, с. 5, 8].

В качестве объекта исследования выбрано машиностроительное предприятие г. Ижевска, на котором наблюдается значительное увеличение производственных мощностей. В соответствии с техническим заданием заказчика, разработка концепции ZLD должна быть сосредоточена на трех основных источниках образования сточных вод: гальваническом цехе, лакокрасочном цехе и системе охлаждения теплой воды. При этом переработка шламов в рамках данной концепции не рассматривалась.

Целью работы является разработка концепции реализации технологии нулевых сбросов на машиностроительном предприятии с учетом требований локальных очистных сооружений и нормативов качества воды, установленных постановлением Администрации города Ижевска № 322 от 27.02.24 [2].

В основу разработки концепции положен принцип раздельной очистки сточных вод в зависимости от их происхождения и химического состава. Такой подход позволяет снизить нагрузку на финальные стадии обработки, повысить эффективность извлечения загрязняющих веществ и обеспечить стабильность работы оборудования.

На первом этапе получено задание по разработке проекта по очистке сточных вод гальванического и лакокрасочного производств, которые характеризуются высоким содержанием тяжелых металлов, взвешенных веществ, органических соединений и изменением водородного показателя (pH).

Для обоснования выбора технологических решений изучены существующие аналоги систем ZLD, применяемые в промышленности [7, 9]. В качестве ориентира рассмотрены установки с использованием кристаллизаторов и испарителей (WTEYA Evaporation system), а также комплексные системы обработки (Jiarong ZLD). Результаты анализа их достоинств и недостатков легли в основу разработки технологической схемы, учитывающей индивидуальные особенности производства (рис.).

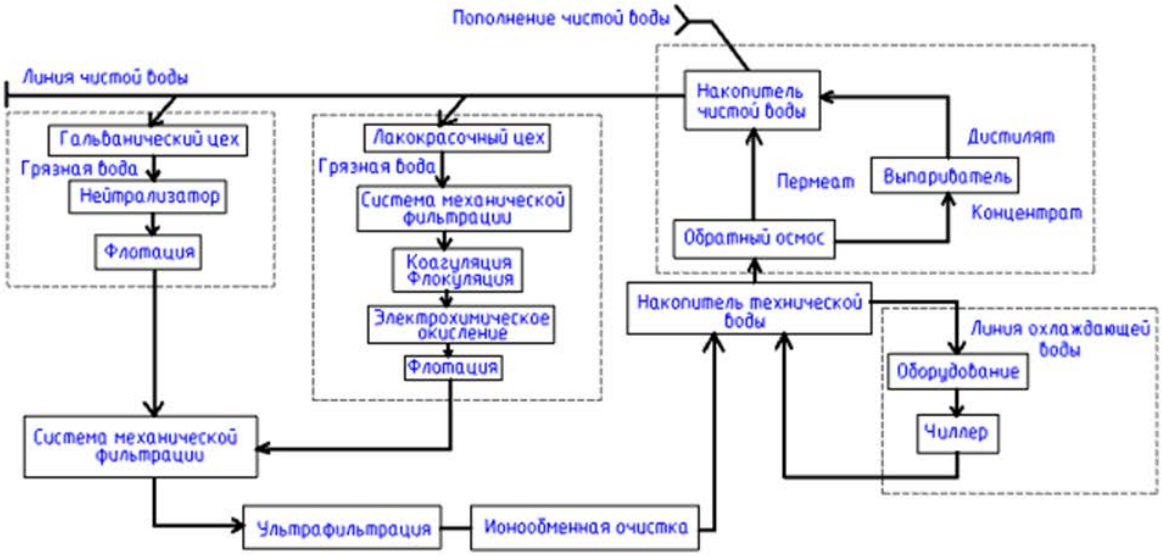


Рис. Технологическая схема ZLD

Сточные воды после производственных циклов гальванического цеха содержит значительное количество органических веществ и ионов цветных металлов – цинка, меди, никеля. Для приведения такой воды к нормативам необходима комплексная многоступенчатая система очистки. Очистка начинается с нейтрализации. Специальный узел (нейтрализатор) корректирует кислотность (pH) для того, чтобы металлы осели в виде нерастворимых гидроксидов, а также снижает агрессивность среды для труб и оборудования. Далее гидрокомплексы, органику и другие взвеси удаляет флотатор, который работает по принципу напорной флотации, когда мелкие пузырьки воздуха прикрепляются к гидрофобным частицам, поднимают их наверх, и там уже образуется слой пены (шлама), который снимают механически. Затем вода проходит через фильтры, которые собирают оставшиеся частицы и взвеси.

Стоки из лакокрасочного цеха содержат коллоидные частицы, растворители и эмульсии. Первым этапом проводится механическая фильтрация, затем вода подвергается процессу коагуляции и флокации. Коагулянты способствуют дестабилизации коллоидов, образуя мелкие хлопья, далее в процессе перемешивания вносят флокулянты, которые собирают мелкие хлопья в крупные для осаждения и фильтрации. Скопления примесей удаляет флотатор. В данной схеме дополнительно представлено электрохимическое окисление на постоянном токе. Электрический ток запускает электрохимические реакции, обеспечивающие окисление органических загрязнителей и обесцвечивание воды. В воду погружают электроды, на которые подается постоянный ток. На аноде органика окисляется до углекислого газа, воды и простых ионов.

Перед объединением потоков вода проходит систему механической фильтрации, после вода подвергается ультрафильтрации, которая удаляет ил, песок, глину, коллоиды, бактерии и вирусы. Далее в схеме представлена ионообменная колонка с синтетической смолой, способной замещать свои ионы на ионы, растворенные в воде. После всех этих стадий вода выходит очень горячей. Подавать её сразу на обратный осмос нельзя – мембраны не выдержат. Поэтому сначала её охлаждает чиллер, и только потом вода идёт дальше.

После предварительной обработки стоки поступают на финальную стадию для извлечения растворенных солей и примесей. Здесь применяется обратный осмос, где вода под давлением проходит через полупроницаемую мембрану, задерживая до 98-99 % растворенных солей и органических соединений. Концентрат, полученный после обратного осмоса, обрабатывается в выпаривателе для получения высококачественного дистиллята. Перед подачей в выпариватель вода фильтруется для дополнительной очистки.

В рамках внедрения технологии нулевых сбросов (ZLD) выделен отдельный контур для охлаждения теплой воды. Интеграция этого контура в общую систему ZLD необходима для предотвращения теплового загрязнения (исключения сброса подогретых вод в городскую канализацию), повторного использования воды (возврата очищенной воды в систему обо-

ротного водоснабжения предприятия) и снижения водопотребления (минимизации необходимости подпитки свежей водой).

Выпарная установка (испаритель) обеспечивает концентрирование примесей с выделением дистиллята высокой степени чистоты. На выходе выпарного аппарата образуется дистиллят (до 90–95 % от исходного объёма), направляемый на следующую ступень доочистки или непосредственно в систему оборотного водоснабжения и концентрат, направляемый на обезвоживание и последующее размещение (переработка шлаков не рассматривалась в рамках данного проекта).

Установка обратного осмоса обеспечивает задержание остаточных растворенных солей до 99 %, удаление летучих органических соединений и получение пермеата, соответствующего нормативным требованиям к качеству воды, подаваемой в технологические цехи.

Разработанная концепция ориентирована на достижение показателей качества воды, регламентированных постановлением Администрации г. Ижевска № 322 от 27.02.24 [2]. Данный нормативный документ устанавливает допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, принимаемых в централизованную систему водоотведения. Внедрение предложенной схемы очистки позволяет обеспечить соблюдение этих требований как для воды, возвращаемой в технологический цикл, так и для сбросов (при наличии) в городскую сеть.

В составе концепции выполнена предварительная оценка капитальных затрат на реализацию предлагаемых решений на основе анализа рыночных данных, тендерной информации и реализованных проектов [1, 5, 6]. Суммарные капитальные затраты на оборудование для реализации предложенной технологии оцениваются порядка 100-150 млн. рублей. Полная стоимость «под ключ» с монтажом и автоматизацией может достигать от 200-250 млн. руб. Точность экономического обоснования может быть уточнена на следующих этапах проектирования при разработке рабочей документации и получении коммерческих предложений от поставщиков оборудования, проведении фактических замеров объемов и состава сточных вод, детальном расчете энергопотребления с учетом режимов работы оборудования, уточнении тарифов на водоснабжение, водоотведение и утилизацию отходов.

Примерная структура затрат представлена в таблице.

Таблица

Примернаяструктура затрат на реализацию проекта

Направлениезатрат	Доля, %
Технологическое оборудование (нейтрализаторы, флотаторы, фильтры, установки обратного осмоса, выпариватели)	50-55
Строительно-монтажные работы и реконструкция помещений	15 – 20
Системы автоматизации и КИП	10 – 12
Проектные и пусконаладочные работы	8 – 10
Резерв на непредвиденные расходы	5 -8

Предварительные результаты показывают, что капитальные затраты сопоставимы с аналогичными проектами внедрения ZLD на промышленных предприятиях. Эффект от сокращения платы за сбросы, экономии водопотребления и снижения экологической нагрузки обеспечивает приемлемый срок окупаемости.

Заключение

В результате выполненной работы разработана концепция реализации технологии нулевых сбросов на машиностроительном предприятии. Основные выводы:

1. Технология ZLD является эффективным инструментом снижения водопотребления, позволяет полностью исключить сброс подогретой воды в систему водоотведения, минимизирует негативное тепловое и химическое воздействие на окружающую среду.

2. Предложенная схема, включающая раздельную очистку стоков гальванического и лакокрасочного цехов, а также системы охлаждения, позволяет обеспечить требуемое качество очищенной воды согласно установленным нормативам.

3. Комбинация методов нейтрализации, флотации, механической фильтрации, обратного осмоса и выпаривания создает замкнутый цикл водопользования, что сокращает затраты на водоподготовку за счет возврата очищенной воды (до 95 % от объема, поступающего в контур), уменьшает размер платы за сброс сточных вод и штрафных санкций.

4. Дальнейшие работы должны быть направлены на разработку рабочей документации, уточнение состава оборудования, а также решение вопросов обращения с твердыми отходами (шлаками) очистки.

Реализация предложенной концепции позволит предприятию повысить экологическую безопасность, снизить эксплуатационные расходы на водоснабжение и водоотведение, а также обеспечить соответствие действующим нормативным требованиям.

Список литературы

1. Аквинокс. Проектирование, изготовление и монтаж очистных сооружений замкнутого цикла для очистки промышленных стоков от гальванического производства [Электронный ресурс] // Аквинокс: сайт. – URL: https://akvinoks.ru/projects/proektirovanie-izgotovlenie-i-montazh-ochistnyh-sooruzhenij-zamknutogo-cikla-dlya-ochistki-promyshlennyh-stokov-ot-galvanicheskogo-proizvodstva/ (дата обращения: 01.04.2026)
2. Постановление Администрации города Ижевска № 322 от 27.02.2024 «Об утверждении нормативов качества сточных вод».[Электронный ресурс] // Официальный сайт города Ижевска: сайт. – URL: https://www.izh.ru (дата обращения: 20.03.2026).
3. Тонконогов Б.П., Маслов А.В. Технологии нулевого сброса в промышленности: принципы и реализация. – М.: Издательство АСВ, 2022. – 210 с.
4. Фрог Б.Н., Львов М.Д. Водоотведение и очистка сточных вод машиностроительных предприятий. – М.: Инфра-Инженерия, 2021. 184 с.
5. ТИС-М. Современные очистные сооружения ZLD и MLD. [Электронный ресурс] // ТИС-М: сайт.– URL: https://tis-m.ru/los-lokalnye-ochistnye-sooruzhenija/sovremennye-ochistnye-sooruzhenija-zld-mld/?ysclid=mnfqc5jss9764939521 (дата обращения: 01.04.2026)
6. Bicotender. Строительство, недвижимость и архитектура: система очистки стоков гальванического производства, г. Каменск-Уральский. [Электронный ресурс] // Bicotender: сайт. – URL: https://www.bicotender.ru/stroitelstvo-nedvizimost-i-arxitektura/sistema-ocistki-stokov-galvaniceskogo-proizvodstva-kamensk-uralskii-tender300555686.html (дата обращения: 01.04.2026)
7. Jiarong ZLD Integrated Treatment Systems: Product Brochure. – Xiamen, 2023. – 38 p.
8. Wang Y., Li H., Zhang L. Zero liquid discharge technology in industrial wastewater treatment: A review // Journal of Water Process Engineering. – 2023. – Vol. 53. – P. 103–118.
9. WTEYA Evaporation Systems: Technical Catalogue. – Guangzhou, 2024. – 45 p

Секция
КУЛЬТУРА ТЕЛА И КУЛЬТУРА МЫСЛИ: СТУДЕНЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Зверева В.Ю., Павлова Е.А.
студенты,
ler.zvereva2017@yandex.ru, eto.second.mail@yandex.ru
Научный руководитель: ***Панова Е.П.***
к.фил.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
panova_ep@mail.ru

ЭКСКУРС В ТВОРЧЕСТВО СОВРЕМЕННЫХ ЮНЫХ АВТОРОВ

Аннотация. В статье рассматривается творчество современных юных авторов "Литературной лаборатории" под руководством Льва Григорьевича Яковлева. "Литературная лаборатория" и Московский политехнический университет участвуют в совместном проекте – издание онлайн-сборника "Колючий город". В его состав входят произведения, в которых раскрываются темы взросления, социальных отношений, внутренних конфликтов и поиск себя.

Ключевые слова: «литературная лаборатория»; юные авторы; Лев Яковлев; «Колючий город».

В 2011 году при Центральной городской детской библиотеке имени А.П. Гайдара под руководством Льва Яковлева была учреждена литературная лаборатория для одаренных детей, которая успешно функционирует и по сей день. В 2015 году лаборатория была удостоена звания лауреата Новой Пушкинской премии. Литературные произведения юных авторов, созданные под руководством Яковлева, увидели свет в издательстве «Малыш» в серии «Книжка за книжкой».

Название «лаборатория», безусловно, звучит забавно для клуба любителей литературы, однако другого, более четкого и передающего суть названия невозможно себе представить. В лаборатории все происходит само собой, без какого-либо принуждения и давления, позволяя детям полно раскрыть свой писательский талант, что, конечно, не всегда удается. Не раз Лев Григорьевич отмечал, что одна из проблем заключается в системе школьного образования, которая дает возможности к обучению написанию по шаблону и не нацелена на развитие индивидуального стиля. На своих занятиях он призывал учащихся вести «двойную жизнь»: развивать собственный литературный стиль и писать так, как им хочется, не стесняться самовыражения, а уже в стенах школы следовать требованиям и соблюдать формальности.

Занятия литературного клуба традиционно открывается чтением свежих произведений детской литературы, а юные участники, которые совсем недавно присоединились к занятиям, почти сразу вовлекаются в интересные дискуссии. В обсуждении принимают участие не только дети, но и взрослые – родители и сотрудники библиотеки, позволяя всесторонне проанализировать прочитанное.

Творческому человеку необходимо вдохновение. Оно может появиться в любой момент, даже когда не ожидаешь.

Льва Григорьевича Яковлева вдохновило начать свой путь в детской литературе рождения сына в 1981 году. Рождение ребенка вызвало у писателя «такой восторг, который сразу дает просто желание ни для кого – ни для издательств, ни для людей, – а для себя написать какие-то смешные штучки».

Лев Яковлев писал стихи нестандартно. Именно эта необычность, по мнению писателя, привлекла к нему и его творчеству внимание читателей.

Публикация в «Мурзилке» дала ему понять, что в детской литературе возможен успех, и вдохновила его продолжать. В детской литературе не было таких ограничений, запретов, как во взрослой. Несмотря на все трудности на пути, Лев Яковлев продолжал творить.

У каждого писателя есть флагманское произведение. Визитной карточкой Льва Григорьевича Яковлева считается серия книг о приключениях мальчика Серка. Романы называются «Серк и пророчество» и «Серк и Двойной Жезл». Книги написаны в соавторстве с сыном Льва Григорьевича – Петром Яковлевым в 2004 году.

В романах рассказывается об истории двенадцатилетнего мальчика Серка, который попадает в Страну Другой Жизни. Там он столкнется с испытаниями, вступит в схватку с магическими врагами, отправится на поиски артефактов. Серк будет принимать моральные выборы, через которые читатель сможет увидеть взросление мальчика.

Лев Яковлев известен не только своими фэнтези-историями, но и поэзией. Писатель сумел соединить в один лирический сборник «В остатке» (2010 г.) детские и философские стихотворения. Текст на обложке нам явно намекает, что в книжке будут описаны разные темы, для детей и взрослых. Лирический сборник «В остатке» – яркий пример литературы для семейного чтения. В книжке для себя смогут найти что-то и дети, и взрослые.

Совместный проект Политеха и «Литературной лаборатории»

Сейчас работа над изданиями продолжает идти. К выпуску новой книги были привлечены студенты Московского Политехнического университета. Проект по созданию иллюстрированного электронного сборника учеников мастерской Льва Яковлева объединяет молодых людей разных творческих направлений – редакторов, иллюстраторов и журналистов. Это не просто учебная работа, а полноценный творческий процесс, в котором каждая команда проходит путь от идеи до профессионального результата.

Сборник становится итогом совместного труда многих людей, и именно в этой совместности рождается ценность проекта: каждый участник вносит в него часть своего мастерства, своего видения и своей творческой энергии.

Проект студентов помогает изменить эту ситуацию: он открывает молодым авторам путь к публикации и позволяет их творчеству выйти за рамки школьных тетрадей.

Публикация произведений в сборнике становится для ребенка важным событием – признанием того, что его труд замечен, оценен и оформлен профессионально. Это мотивирует юных авторов продолжать развиваться и видеть перспективы в литературном или журналистском творчестве.

Для Московского Политеха проект также имеет профориентационную значимость: сборник показывает школьникам, что гуманитарные направления – это живое, творческое пространство, где можно найти себя.

Работая над сборником, студенты получают уникальный практический опыт, который невозможно заменить лекциями или учебными заданиями.

Редакторы учатся взаимодействовать с живыми авторами, корректно работать с текстами разного уровня, редактировать так, чтобы сохранить стиль ребенка и при этом сделать текст литературно выверенным. Это развивает не только профессиональные навыки, но и умение вести диалог, объяснять правки и аргументировать решения.

Иллюстраторы сталкиваются с задачей интерпретировать детские произведения визуально. Это не просто создание иллюстраций – это поиск стилистики, настроения, метафор, которые помогут читателю глубже прочувствовать историю. Такой опыт формирует художественное мышление, расширяет навыки создания композиции и помогает освоить работу в рамках единой концепции издания.

Журналисты осваивают подготовку презентационных и аналитических материалов, учатся писать тексты о проекте, об авторах, о процессе создания сборника. Это развивает навык интервьюирования, наблюдательность, способность рассказывать о творческом процессе простым, интересным языком.

Кроме того, проект развивает командную работу, что особенно важно в современных профессиях. Студенты учатся распределять обязанности, ставить задачи, соблюдать дедлайны, принимать коллективные решения и доводить проект до финального результата.

Этот проект создает связи между поколениями творцов: дети пишут, студенты оформляют, и в результате появляется произведение, способное вдохновлять и поддерживать новые таланты.

Почему «Колючий город»?

Название сборника «Колючий город» было выбрано как заглавие одного из рассказов, так и общий образ. Он отражает тематику большей части произведений – буллинг, внутренние переживания и поиск себя.

Окружающий мир часто кажется ребёнку «колючим». При этом в сборнике звучат и позитивные мотивы: герои учатся справляться с трудностями, обретать уверенность и находить своё место в мире. Все авторы, дети, используют творчество как способ выражения своих мыслей и высказывания своей точки зрения.

Черно-белая стилистика иллюстраций усиливает атмосферу напряжённости. Она визуально дополняет концепцию «колючего города».

Сборник объединён не просто общими темами, но и принципом искреннего самовыражения юных авторов. Название точно отражает этот объединяющий замысел – сложность взросления через призму детского восприятия.

О чем пишут дети?

(на примере анализа сборника произведений «Колючий город»)

В Литературной лаборатории Льва Григорьевича Яковлева ребята пишут интересные произведения. К одним из ярких примеров таких рассказов можно отнести следующие работы юных авторов: «Лужи» Анфисы Васильчук, «Бука» и «Драка» Кирилла Алтынова.

В произведении «Бука» дети вместе с рассказчиком издеваются над мальчиком. Однажды Бука решает отпроситься с третьего урока. Рассказчик решает проследить за ним. Оказывается, мальчик, над которым издевались одноклассники, пришел к тяжелораненой бездомной собаке, за которой он ухаживал, приносил ей еду, лечил ее. Рассказчика так тронула эта ситуация, что после увиденного он перестал дразнить мальчика.

Внешность бывает обманчива. Сначала рассказчику не нравится мальчик, но потом, увидев его доброту, искреннее желание помочь бедной и одинокой собаке, его отношение к Буке меняется. Люди зачастую судят по внешнему виду, а не по поступкам человека. Наблюдение за чужими добрыми поступками может изменить отношение к человеку и взгляд на него.

В рассказе «Лужи» главная героиня выходит из подъезда, видит дождливую погоду, и потому ее настроение сразу портится. Героиня идет по лужам под зонтиком и думает, где ей лучше быть: в Дубае и Африке жарко, а на Северном и Южном полюсах холодно. В ее голове возникает риторический вопрос: где же лучше всего? Дождь прекращается. Из-за туч выглядывает солнце. Героине приходит осознание, что ей не нужны жаркая Африка и холодный Северный полюс. В ее сердце навсегда московская осень.

Хорошо там, где нас нет. Нельзя говорить об этом со стопроцентной уверенностью. Нужно ценить то, что мы имеем, потому что и этого когда-нибудь можно лишиться. Родное, привычное может стать самым дорогим, что есть у человека.

В произведении «Драка» герой испытывает неприязнь к новому ученику в классе из-за его надменного вида и раздражающей манеры. У них не было открытых конфликтов, только молчаливая неприязнь. Ситуация усугубилась в школьной столовой. Новый одноклассник решил разобраться с главным героем за школой в четыре часа дня. Воображение разыгралось. Герой представлял в своей голове возможную сцену насилия. Мысленная угроза кажется сильнее реальной. Однако тревога мальчика была напрасной: новенький не пришел выяснять отношения. Герой предполагает, что его одноклассник не готов к открытому вызову.

Для мальчика это было испытание на прочность. Главная битва происходит не физически, а в сознании. Одноклассник оказался совсем не грозным, у него тоже в голове были некоторые фантазии и опасения. На героя давило время. Он уже был готов к выяснению отношений, к драке, но те три часа, что он ждал оппонента, были для него самым тяжелым испытанием. Мальчик не знал, о чем и подумать, у него пропала граница между фантазией и реальностью. Страх рождается не из действительности, а из наших представлений о ней. Не нужно беспокоиться, в таких ситуациях лучше вообще не думать ни о чем. Просто быть с холодной головой. Человек предполагает, а Бог располагает.

Дети способны на многое. Их фантазия, воображение, идеи работают как часы. Они могут воплощать свои идеи в разных сферах. Особенно интересно читать произведения детских авторов. Хочется понять их мысли, взгляды, о чем они думают, как они видят этот мир.

Литературная лаборатория полна творческими ребятами, которые хотят поделиться с читателями своими работами. Авторы пишут не только рассказы, но и составляют произведения других жанров. Это зависит от предрасположенности ребенка, к чему у него лежит желание и душа.

В центре внимания юных авторов находится личный опыт, эмоциональные переживания и попытки осмыслить окружающий мир. Можно выделить следующие группы тем, которые ребята использовали в своих произведениях: поиск себя и осмысление творчества; школа, сверстники, социальные отношения; семья и взросление; природа, животные, мир вокруг; фантазии, игры, приключения; эмоциональные состояния, внутренние конфликты.

Поиск себя и осмысление творчества отражает внутренние поиски и вопросы самоопределения. К этой группе относятся следующие произведения юной писательницы Юрки Рыжей: «Фикус», «Чтение», «Ботинки», «Поле». Подростки обращаются к теме творчества, чтобы понять себя, преодолеть кризисы и найти возможность высказать свои переживания.

Школа, сверстники, социальные отношения определяют проблемы коммуникации, конфликты, принятие других и себя. К этой группе можно отнести следующие произведения: «Бука», «Драка», «Последнее первое сентября», «Лошадка». Школьная среда становится местом, где можно отрабатывать свои социальные навыки. Литературное творчество стало способом осмысления и помогло найти опору в дружбе и взаимопонимании.

Семья и взросление раскрывают темы близких отношений между людьми. Эти темы затрагиваются в следующих произведениях: «Мама улетела», «Колючий город», «Огарок», «Последний холст». Дети и подростки остро чувствуют изменения в семье. Для них это становится поводом для размышлений.

Природа, животные, мир вокруг показывают любование окружающей средой и заботу о живых существах. На эту тему написаны следующие произведения: «Кролик», «Кот», «Роза», «Летучая мышь», «Клумба на обочине дороги». Природа и животные становятся для детей источником радости. Заботясь о флоре и фауне, ребенок учится ответственности и бережному отношению к окружающему миру.

Фантазии, игры, приключения – это пространство для экспериментов и самовыражения. Сюда относятся такие произведения, как: «Тайна Минуцупыля», «Наперегонки со временем», «Поездка в Домодедово», «Первый рейс». Фантастические сюжеты и реальные увлечения (например, авиация) дают детям возможность примерить разные роли. Они смогут узнать важность командной работы и целеустремленности.

Эмоциональные состояния, внутренние конфликты, тревоги, страхи, одиночество, попытки найти гармонию отражают внутреннюю жизнь подростка. Их переживания описаны в следующих рассказах: «Почему не спит Юлька», «Бессонница», «Цвета», «Начался дождь», «Чашечка». Подростки через литературу пытаются понять свои эмоции, чувства. Они ищут способы справиться с тревогой и одиночеством.

Авторы пытаются с помощью литературы осмыслить сложные эмоции, поступки, действия. Детская творчество играет важную роль в самопознания и социализации. Литература становится мостом между воображением, фантазией ребенка и реальностью.

Список литературы

1. Колючий город: иллюстрированный онлайн-сборник произведений юных авторов. Москва, 2026. Электронный ресурс:

2. Яковлев, Л. Г. Интервью / Л. Г. Яковлев; подкаст «Друзья Гайдаровки». – URL: https:// gaidarovka.mave.digital/ep-87 (дата обращения: 19.02.2026).

Хамидуллин А.Р.
студент,
albert_khamidullin24@mail.ru
Научный руководитель: ***Чигрина А.И.***
к.и.н., доцент,
Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы,
Россия, Уфа
doc77@mail.ru

ГЕРОИ ЭПОХИ КАК НОСИТЕЛИ ИДЕАЛОВ: ВЛИЯНИЕ ЗНАКОВЫХ ПОБЕД СССР НА ФИЗИЧЕСКОЕ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ СТАНОВЛЕНИЕ СОВЕТСКОЙ МОЛОДЕЖИ (1950−1980-Е ГГ.)

Аннотация. Статья исследует влияние образа «героя эпохи» на физическое и интеллектуальное становление советской молодежи в 1950-1980-е гг. Анализируется механизм формирования идеалов и ценностных ориентиров СССР через военные, трудовые, научные и спортивные достижения. На основе исторических примеров раскрывается роль героических персоналий как нормативных моделей поведения, оказывающих мотивирующее воздействие на физическое и интеллектуальное развитие молодого поколения. В результате исследования обосновывается актуальность советского опыта для современных педагогических и социокультурных практик воспитания, направленных на формирование устойчивых ценностных установок у молодежи.

Ключевые слова: герой эпохи, советская молодежь, ценностные ориентиры, «оттепель», физическое развитие, интеллектуальное становление, воспитание.

Исследование физической и интеллектуальной культуры советской молодежи периода 1950-1980-е гг. актуально для современной России в контексте изучения механизмов социокультурной преемственности. Отдельные компоненты ценностных установок, сформированных в указанный период, демонстрируют устойчивость во времени: они либо сохраняются в традиционном виде, либо трансформируются с учетом актуальных социальных условий. Данная преемственность проявляется в сфере воспитания, физической культуры и спорта, научной деятельности, а также в динамике формирования общественного сознания. Анализ роли героев эпохи и знаковых побед СССР позволяет глубже понять процесс передачи ключевых норм и ценностей между поколениями.

Период 1950-1980 х гг. стал временем масштабных достижений СССР в различных сферах. Успехи в них подкреплялись советским руководством благодаря формированию образа «героя эпохи» как модели для подражания советской молодежи. Особое место в этой системе ценностей занимало поколение «оттепели» – поколение, оказавшееся на рубеже эпох: между героическим прошлым и светлым будущим [8, с. 270]. Это поколение выросло под влиянием памяти о Великой Отечественной войне. Образ дедов и отцов-победителей выступал как нравственный ориентир и источник коллективной гордости. Герои Великой Отечественной войны были символами стойкости, самоотверженности и любви к Родине.

Память о народном героизме вызвала пик массового патриотического движения в 60-70-е годы XX века. В Советском Союзе была создана сеть военно-мемориальных музеев, ключевой идеей которых стал подвиг советского народа в борьбе с нацизмом. Мемориализация Великой Отечественной войны охватывает не только военные события, но и включает в себя подвиг тружеников тыла, юных защитников Отечества, матерей, воспитавших героев, историю несломленных жителей блокадного Ленинграда, заслуги партизанских отрядов и другие страницы истории. Памятники героям войны подчеркивают как их принадлежность к вооруженным силам страны, так и гражданский статус – профессию, родственные связи, место жительства. [1, с. 529]. Массовый героизм и участие разных групп населения – характерная черта советского периода Великой Отечественной войны, отражающая философию единства народа и армии, общий вклад всех слоев общества в победу.

Эти ценностные установки не просто сохранялись в исторической памяти в послевоенный период, они активно использовались для воспитания молодежи и задавали высокую планку нравственных требований, формировали представление о том, каким должен быть советский человек: трудолюбивым, дисциплинированным, патриотичным, готовым к самопожертвованию ради общего блага.

Воспитательная линия, сформированная на примерах военного героизма фронтовиков и тружеников тыла, использовалась властями при решении мирных созидательных задач: послевоенное поколение, впитавшее ценности сплоченности и самоотверженности, стало движущей силой масштабных проектов страны – строительства Байкало-Амурской магистрали (БАМ), Братской ГЭС, освоения целины. Ударные всесоюзные стройки создали новый тип героя – комсомольца-добровольца и ударника труда, который воплощал идеалы коллективизма, самоотверженного служения обществу и готовности преодолевать трудности ради благополучия страны. Образ такого героя активно популяризировался в средствах массовой информации, кино и литературе, вдохновляя молодежь участвовать в стройках. К примеру, история освоения целины освещается в кинокартине «Надежда», снятой буквально по «горячим следам» в 1954 г. режиссером С. Герасимовым. В центре сюжета взаимоотношения девушки, которая решает отправиться на целинные земли, несмотря на возражения своего возлюбленного. Фильм демонстрирует механизмы мобилизационной экономики, во многом основанной на эксплуатации энтузиазма и романтико-героических представлений советской молодежи. Центральная идея фильма – идея преемственности трудового подвига молодежи с военным и ответственности молодежи перед фронтовиками и страной [4, с. 477-478].

Лозунг «Готов к труду и обороне» как основополагающая установка советского гражданина перестал быть исключительно лозунгом и получил институциональное оформление. К примеру, в Уставе ВЛКСМ закреплялась обязанность комсомольцев демонстрировать высокие показатели в труде и учебе и принимать участие в социалистическом строительстве [9]. «Моральный кодекс строителя коммунизма» (1961 г.) законодательно утверждал принцип добросовестного труда на благо общества: «кто не работает, тот не ест». Система ГТО рассматривала физическую подготовку молодежи как гражданскую ответственность: трудовое воспитание было включено в образовательные стандарты и распространялось на деятельность пионерской организации.

Ценностная установка, направленная на формирование всесторонне развитого человека, физически крепкого, морально стойкого и социально активного, получила яркое воплощение в эпоху «оттепели». Символом времени стала космическая эра: полет первого человека Юрия Гагарина в космос в 1961 г., программы «Восход» и «Союз». Космонавты СССР не только олицетворяли прогресс, но и служили примером гармоничного сочетания интеллектуальных и физических качеств человека. Образ героя-космонавта у советской молодежи вызывал энтузиазм, гордость и веру в надежное будущее страны. Полет Ю.А. Гагарина стал символом беспримерной победы человека, величайшего завоевания науки и техники, торжества человеческого разума [6]. Подвиг Юрия Гагарина сыграл значимую роль в социализации, обучении и воспитании молодежи: он послужил вектором в определении жизненных целей, демонстрируя ценность освоения новых знаний и технологий, самореализации и профессионального роста в сложных сферах деятельности, а также важности служения интересам страны и человечества в целом. Первый полет оказал долгосрочное влияние на ценностные ориентиры нескольких поколений советских людей и способствовал развитию научно-технического потенциала страны.

В сфере науки и техники значимые прорывы также формировали образы героев интеллектуального труда. Создание первой в мире атомной электростанции в Обнинске в 1954 г., бурное развитие ракетостроения под руководством Сергея Королева, прогресс в кибернетике, освоение Арктики – все эти достижения выдвинули на первый план ученых и инженеров. В период первых 15 лет космической эры (1957-1972 гг.) на орбиту Земли было успешно выведено 1 215 космических объектов. Лидерами в этой сфере выступили СССР и США. Советский Союз осуществил 622 запуска на околоземные орбиты, что превысило общее количество запусков других стран [7, с. 75]. Фигуры таких деятелей, как Сергей Королев и Игорь Курчатов, стали олицетворением интеллектуальной мощи страны и примером служения науке ради общего блага.

Концепция всестороннего развития личности реализовывалась, в том числе через институты спорта. Культивирование физической подготовленности, волевых качеств и коллективистских ценностей выступило неотъемлемой частью формирования идеала советского человека. В 1968 г. был образован Комитет по физической культуре и спорту при Совете Министров СССР, который наделялся правами руководства физической культурой и спортом страны. Об эффективности системы физического воспитания в СССР свидетельствуют следующие факты. В 1972 г. был введен новый комплекс ГТО в 6 ступеней, охвативший граждан от 7 до 60 лет. Системная реализация комплекса ГТО обеспечила значительный рост массовости физической культуры в СССР. Масштабная информационно-пропагандистская кампания (выпуск 1,25 млн. плакатов, 1 млн. методических изданий, распространение 5 млн. значков ГТО) в сочетании с мотивационными механизмами (призы им. Ю.А. Гагарина) привела к следующим результатам: к 1975 г. было подготовлено 19,5 млн. обладателей значков ГТО и 17 млн. спортсменов-разрядников. Общее число физкультурников составило 50 млн. человек. В РСФСР к 1978 г. свыше 21 млн. граждан занимались в спортивных секциях, из них 11,8 млн. выполнили нормы ГТО, а количество общественных инструкторов превысило 4 млн [3, с. 55-56]. О развитии спорта в СССР говорилось в докладе Л. И. Брежнева на XXVI съезде КПСС, указывалось, что спортивные достижения запрограммированы государственным строем страны. Также подчеркивалось, что физическая культура и спорт – органическая часть социалистической культуры и общественной жизни [5].

Параллельно с развитием массового спорта формировался и образ героя-спортсмена – носителя идеалов советской эпохи: силы воли, дисциплины, коллективизма и патриотизма. Советские спортсмены становились живыми примерами для подражания и символами достижений страны. Ярким подтверждением эффективности советской системы подготовки спортсменов стала Суперсерия СССР – Канада 1972 года. 2 сентября 1972 года в Монреале на арене «Форум» состоялся первый матч Суперсерии между хоккейными сборными СССР и Канады, который завершился победой СССР со счетом 7:3.

Аналогичную роль играли и успехи советских шахматистов: достижения Михаила Ботвинника, Бориса Спасского, Анатолия Карпова укрепили международный престиж СССР и наглядно продемонстрировали преимущества советской системы воспитания молодежи. Легенды советского спорта – Лариса Латынина, Лев Яшин, Владимир Куц, Вячеслав Иванов, Борис Шахлин, Валерий Брумель – становились символами силы, воли и дисциплины, вдохновляя миллионы молодых людей на занятия физкультурой и достижение высоких результатов.

Кульминацией политики СССР в области спорта стало проведение летних Олимпийских игр в Москве – первой Олимпиады, состоявшейся в социалистической стране. Ее подготовка и проведение стали масштабным проектом государственного значения. 195 медалей (80 золотых, 69 серебряных, 46 бронзовых) завоевала сборная СССР на олимпийских играх [2, с. 88].

Таким образом, к середине 1980-х годов в Советском Союзе была выстроена комплексная система воспитания молодежи, ключевым элементом которой стал образ «героя эпохи»: от военных подвигов участников Великой Отечественной войны до трудовых достижений ударников строек, научных прорывов космонавтов и ученых, а также спортивных побед выдающихся атлетов. Реализация системы опиралась на государственную политику, институциональные механизмы и масштабные проекты страны. Успехи СССР в науке и спорте способствовали укреплению патриотизма, задавали ориентиры для самореализации молодежи и формировали идеал всесторонне развитого человека – физически крепкого, интеллектуально подготовленного и преданного Родине.

В современных условиях опыт СССР сохраняет актуальность как источник эффективных практик воспитания, вовлечения граждан в спорт и науку, а также как ресурс консолидации общества через обращение к исторической памяти.

Список литературы

1. Акуленко И.В. Увековечение воинского подвига в СССР // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Государственное и муниципальное управление. 2023. № 4. С. 524-531.

2. Джанджугазова Е. А. Москва-1980: олимпийская мозаика // Современные проблемы сервиса и туризма. 2008. № 3. С. 88-105.

3. Истягина-Елисеева Е.А., Барие никова Е.Е., Дубинин А. С. Период расцвета советской военно-спортивной пропаганды 1965-1980 гг. // Армия и общество. 2015. № 4. С. 54-57.

4. Мазур Л. Н. Забытая легенда: художественные фильмы об освоении целины 1950-1970-х гг. Документ. Архив. История. Современность: Материалы VI Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 2-3 декабря 2016 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. С. 477-484.

5. Отчет Центрального Комитета КПСС XXVI съезду Коммунистической партии Советского Союза и очередные задачи партии в области внутренней и внешней политики. Доклад Генерального секретаря ЦК КПСС Л. И. Брежнева, 23 февраля 1981 г. URL: https://docs.historyrussia.org/ru/nodes/354106 (дата обращения: 03.04.2026).

6. Правда, 13 апреля 1961. URL: https://expositions.nlr.ru/ve/RA4288/polet-gagarina (дата обращения: 03.04.2026).

7. Сумароков В.Н.Поехали! (к 50-летию полета Ю. А. Гагарина) // Финансы: теория и практика. 2011. № 2. С. 74-76.

8. Уль К. Поколение между «героическим прошлым» и «светлым будущим»: роль молодежи во время «оттепели» // Антропологический форум. 2011. № 15. С. 270-326.

9. Устав ВЛКСМ.1962. URL: https://web.archive.org/web/20120418201519/http://komsomol.front.ru/files/ustav.html (дата обращения: 03.04.2026).

Кудряшов М.Е.
студент
Научный руководитель: ***Исаева Н.В.***
к.фил.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
nv.isaeva@mail.ru

КОММУНИКАТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ МОШЕННИКОВ: МЕХАНИЗМЫ УБЕЖДЕНИЯ И МАНИПУЛЯЦИИ

Аннотация. Работа посвящена исследованию коммуникативных стратегий мошенников, раскрываются психологические и лингвистические механизмы, применяемые ими для достижения целей путем манипулятивного влияния и обмана. Практический аспект представлен разбором реальных ситуаций и рекомендациями по минимизации угрозы стать жертвой мошеннических схем.

Ключевые слова: мошенничество, неэтичные коммуникативные стратегии, манипуляции, психология обмана, способы коммуникативной защиты.

Актуальность выбранной для исследования темы обусловлена ростом числа случаев мошенничества и манипуляций в межличностной и деловой коммуникации, особенно в условиях цифровизации и информационной перегрузки. Понимание психологических механизмов обмана и способов защиты становится необходимым навыком для современного человека, который сможет сохранить не только денежные средства потенциальных жертв мошенников, но и их психическое и физическое здоровье.

Объектом исследования стали распространенные в настоящее время коммуникативные процессы, связанные с неэтичным воздействием и обманом.

Предмет исследования: *психологические и языковые механизмы мошенничества и манипуляций, а также методы их распознавания и противодействия им.*

Цель работы: *выявить ключевые психологические и коммуникативные особенности неэтичных стратегий общения и предложить алгоритмы защиты от них.*

Выбранная цель предполагает решение следующих ***задач:***

1) определить понятия «мошенничество» и «неэтичные коммуникативные стратегии», выявить их взаимосвязь;

2) рассмотреть психологические модели, объясняющие природу обмана (на примере «треугольника мошенничества» Д. Кресси);

3) проанализировать когнитивные искажения и эмоциональные факторы, способствующие уязвимости перед манипуляциями;

4) классифицировать тактические приемы манипулятивного воздействия, используемые мошенниками;

5) разработать алгоритмы распознавания угроз и выработать методы эффективного противодействия им;

6) проиллюстрировать теоретические положения примерами из реальной практики.

Гипотеза исследования: *осознанное понимание структуры мошенничества и механизмов манипуляции позволяет снизить риск стать жертвой неэтичного воздействия и повысить уровень коммуникативной безопасности.*

Основная часть

1. ***Понятие мошенничества и его связь с неэтичными коммуникативными стратегиями.***

Мошенничество представляет собой хищение чужого имущества или приобретение права на него путём обмана или злоупотребления доверием. Это деяние является уголовно наказуемым [1]. Обман может быть направлен как непосредственно на изъятие ценностей, так и на создание условий, облегчающих доступ к ним. Злоупотребление доверием, в свою очередь, основывается на использовании личных отношений или служебного положения.

Неэтичные коммуникативные стратегии представляют собой более широкое понятие. Они нарушают нормы этики в бизнесе, политике или межличностном общении. Такие стратегии могут быть направлены на достижение цели, однако причиняют моральный и материальный вред адресату и нарушают общепринятые нормы. Важно подчеркнуть, что мошенничество является крайней, криминальной формой неэтичной стратегии, но не каждая неэтичная стратегия является мошенничеством.

2. Психологическая модель мошенничества: треугольник Д. Кресси.

Согласно концепции Д. Кресси, мошенничество возникает только при наличии трёх факторов [2]:

1. Давление – внутренние или внешние обстоятельства, подталкивающие к обману (финансовые проблемы, необходимость выполнения плана, страх потери работы).

2. Возможность – слабости в системе контроля, позволяющие совершить и скрыть противоправные действия (отсутствие разделения обязанностей, недостаточный контроль).

3. Рационализация – внутреннее оправдание поступка («я верну позже», «все так делают», «мне недоплачивают»).

Все три элемента должны присутствовать одновременно. Устранение хотя бы одного из них снижает вероятность совершения преступления.

3. Психологическая уязвимость: почему люди попадаются на обман?

В основе восприимчивости к манипуляциям лежат следующие когнитивные искажения:

1) доверие к авторитету;

2) эффект ореола;

3) социальное доказательство;

4) восприятие дефицита.

Кроме того, важную роль играют эмоциональные факторы: жадность, страх, поспешность в принятии решений, страх показаться невежливым, желание соответствовать ожиданиям окружающих.

4. Арсенал манипулятора: от убеждения к принуждению.

Воздействие может варьироваться от этичного убеждения до откровенного принуждения. Манипуляция представляет собой скрытое влияние, тогда как обман – это прямая ложь, а принуждение связано с угрозами.

К числу распространённых тактических приёмов относятся:

- языковые: трюизмы, иллюзия выбора, разрыв шаблона, номинализации;
- психологические: газлайтинг, игра в жертву, лесть, «бомбардировка любовью», навешивание ярлыков.

5. Практические кейсы.

В рамках работы разбираются конкретные ситуации, иллюстрирующих описанные механизмы, в которых жертвами мошенников стали родственники, друзья, одногруппники. Рассмотрим некоторые из них.

Кейс № 1. «Проект здоровья»

Автору статьи написал незнакомец в мессенджере, представился предпринимателем, сказал, что нашёл контакт через университетский канал. Предложил дополнительный заработок на продвижении продуктов для здоровья, обещал 30-40 тыс. рублей в месяц, опыт работы не требовался. Впоследствии звонящий отказался обсуждать детали в переписке, настаивал на видеозвонке в Zoom. Автор исследования заподозрил обман и не согласился на встречу, как и на контакт, справедливо решив, что это один из способов серого мошенничества.

Кейс № 2. «Курьер доставки цветов» – успешная защита.

Одногруппнице Анне позвонил мужчина, представился курьером службы доставки цветов, сказал, что аноним заказал букет на сумму более 10 000 рублей, назвал её адрес. Затем попросил назвать код из СМС, якобы для изменения адреса в личном кабинете. Анна заметила, что в СМС написано «Регистрация финуслуги», поняла, что речь идёт о финансах, и прервала звонок.

Кейс № 3. «Курьер доставки цветов-2» – жертва пострадала.

Подруга Анны, Вероника, получила аналогичный звонок от «курьера». Однако она находилась в состоянии после сна («спросонья») и продиктовала код из СМС. Позже обнаружила в своём аккаунте на «Госуслугах» подозрительный документ: завещание на чужую фамилию. Обратилась в полицию, где ей объяснили, что документ неофициальный, посоветовали сменить пароль. Пострадала морально, т.к. были переживания по поводу взлома аккаунта на «Госуслугах», потратила время для решения возникших проблем.

Кейс № 4. «Звонок о ДТП».

Родственнице автора исследования позвонила женщина и плачущим голосом сказала: «Мам, меня сбила машина на пешеходном переходе. У меня сломано два ребра, разбита голова, порвана губа». Родственнице удалось не поддаться волнению и спросить: «Назовите имя вашей мамы». Мошенница не смогла ответить и сразу бросила трубку. В классическом варианте этой схемы звонят на домашний телефон пожилым людям, представляются врачом, следователем, сообщают, что из-за родственника пострадал другой человек и заведено дело в прокуратуре, а затем присылают курьера за наличными.

6. Алгоритмы защиты.

Для эффективного противодействия манипуляциям необходимо:

1) распознавать «красные флаги»: давление на время, требование конфиденциальности, чрезмерная лесть, противоречивая информация, обещания сверхвыгоды;

2) применять контрдействия: взять паузу, задавать уточняющие вопросы, проверять информацию из независимых источников, отказывать без оправданий, доверять интуиции.

Заключение

Мошенники и манипуляторы атакуют не только кошелёк, но и критическое мышление людей, используя стресс, спешку и социальные стереотипы. Знание психологических механизмов обмана и тактик воздействия формирует своего рода «иммунитет» к манипуляциям. Осознанная пауза и возвращение контроля над ситуацией – наиболее эффективная реакция на любую неэтичную стратегию. Важно делиться этими знаниями с окружающими, особенно с наиболее уязвимыми группами, поскольку коллективная безопасность всегда надёжнее.

Список литературы

1. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63- ФЗ (ред. от 06.04.2024) // Собрание законодательства РФ. – 1996. – № 25. – С. 2954.

2. Cressey, D.R. Other People‘s Money: A Study in the Social Psychology of Embezzlemen / D.R. Cressey.– Glencoe, IL:The Free Press, 1953. – 189 p.

3. Бобкова, С.С. Уголовная-правовая и криминологическая характеристика мошенничества (ст. 159 УК РФ): выпускная квалификационная работа / С.С.Бобкова; Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь, 2024. – 65 с.

4. Мажинский, В.А. Уголовно-правовая характеристика мошенничества (ч.1 ст.159 УК РФ): выпускная квалификационная работа бакалавра / В.А. Мажинский; Сибирский федеральный университет. – Красноярск, 2020.

5. Мурсалимов, А.Т. О разграничении составов преступлений: мошенничества (ст. 159 УК РФ); мошенничества в сфере кредитования (ст. 159.1 УК РФ) и незаконное получение кредита (ст. 176 УК РФ) / А.Т. Мурсалимов // Аграрное и земельное право. – 2024. – № 4. – С. 359-361.

6. Розенова, М.И. Психологические механизмы деструктивного манипулирования и стратегии профилактики цифрового мошенничества/М.И. Розенова, А.С. Огнев, Э.В. Лихачева// Современная зарубежная психология. – 2025. – Т.14, № 2. С. 26-37.

7. Duffield,G.ThePsychologyofFraud/G.Duffield,P.Grabosky// Trends and Issues in Crime and Criminal Justice. – Canberra: Australian Institute of Criminology, 2001. – № 199. – 6 p.

8. Stotland, E. White Collar Criminals/E. Stotland//Journalof Social Issues. – 1977. – Vol. 33. – P. 179-196.

9. Sykes, G.M. Techniques of Neutralization: A Theory of Delinquency/G.M. Sykes, D. Matza//American Sociological Review. – 1957. – Vol. 22. – P. 664-670.

Панфилова В.А.
студент,
valeri.05.lera@mail.ru
Научный руководитель: ***Макарова Э.В.***
д.п.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯРНОЙ ИГРЫ В CS2 НА ПРОСТУЮ ДВИГАТЕЛЬНУЮ РЕАКЦИЮ СТУДЕНТОВ

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния регулярной игры в CS2 на простую двигательную реакцию студентов. В исследовании приняли участие 68 студентов Московского политехнического университета (34 игрока в CS2 и 34 неигрока). Использовались онлайн-анкетирование и тестирование скорости реакции. Среднее время реакции у игроков составило 243 мс, у неигроков – 297 мс. Результаты игроков приближаются к профессиональному уровню (180-220 мс). Большинство игроков субъективно отмечают улучшение реакции, а также учащение пульса в напряжённые моменты игры. Полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии CS2 на скорость реакции и позволяют рассматривать киберспорт как инструмент развития когнитивных способностей студентов.

Ключевые слова: CS2; киберспорт; простая двигательная реакция; студенты; скорость реакции; когнитивные способности; тестирование реакции.

1.1. Актуальность. Киберспорт в России получил официальный статус: по данным Министерства спорта Российской Федерации, численность занимающихся компьютерным спортом составляет 321 тысячу человек, из которых 91 тысяча – женщины [5]. Среди студенческой молодёжи особой популярностью пользуется дисциплина Counter-Strike 2, которая привлекает внимание не только игроков, но и исследователей. Профессор когнитивной психологии Университета Шеффилда Клаудиа фон Бастиан отмечает, что CS2 является идеаль-

ной моделью для изучения когнитивных способностей, поскольку игровой процесс требует высокой скорости принятия решений, концентрации внимания и быстрой двигательной реакции [4].

Вместе с тем большинство существующих научных работ сосредоточены на анализе профессиональных киберспортсменов, в то время как данные об обычных студентах-любителях, играющих в CS2, остаются недостаточными.

1.2. Проблема. Исследования, посвящённые влиянию видеоигр на психофизиологические показатели, чаще всего проводятся в лабораторных условиях с использованием специализированного оборудования или анализируют результаты профессиональных турниров. Это оставляет открытым вопрос о том, насколько регулярная игра в CS2 влияет на скорость реакции у обычных студентов, не имеющих профессиональной подготовки. Кроме того, отсутствуют простые и доступные методики оценки реакции, которые можно было бы применять непосредственно в условиях вуза без дополнительного оборудования.

1.3. Цель исследования. Оценить влияние регулярной игры в CS2 на простую двигательную реакцию студентов и выявить различия между игроками и неигроками.

1.4. Задачи исследования:

1. Провести обзор существующих исследований по влиянию CS2 на скорость реакции.
2. Провести опрос об игровом опыте и субъективных ощущениях.
3. Замерить простую двигательную реакцию у студентов, играющих и не играющих в CS2.
4. Сравнить полученные данные между группами и с результатами профессиональных игроков.
5. Сформулировать выводы о влиянии CS2 на реакцию.

1.5. Методы исследования. Для достижения поставленной цели использовались анализ научной литературы и открытых данных, анкетирование с помощью Google Forms, тестирование простой реакции на специализированном онлайн-ресурсе cs2-config.com, а также сравнительный анализ полученных данных.

2. Основная часть

2.1. Обзор исследований по влиянию CS2 на скорость реакции.

Исследование РГУФКСМиТ (2023).

Сотрудники кафедры теории и методики компьютерного спорта и прикладных компьютерных технологий Российского государственного университета физической культуры, спорта, молодёжи и туризма (Москва) проанализировали 1455 лучших результатов участников полупрофессиональных турниров по CS2 и Dota 2. Исследование показало, что CS2 более требовательна к точности и скорости реакции, чем Dota 2. При этом в CS2 выявлена корреляция между местом на турнире и измеренными показателями, что подтверждает значимость скорости реакции для достижения высоких результатов в этой дисциплине[3].

Исследование Шеффилдского университета (2025).

Учёные Школы психологии Университета Шеффилда (Великобритания) в партнёрстве с киберспортивной организацией Endpoint провели исследование, в котором сравнили когнитивные способности игроков разного уровня подготовки. Участники проходили тесты на скорость реакции в задачах с выбором. Результаты показали, что профессиональные и полупрофессиональные игроки превосходят новичков в скорости принятия простых решений в среднем на 88,94 миллисекунды. В более сложных задачах эксперты продемонстрировали более быстрое накопление информации, что указывает на их преимущество в динамичных условиях. Профессор когнитивной психологии Клаудиа фон Бастиан отметила, что Counter-Strike идеально подходит для изучения влияния игр на когнитивные способности [4].

Справочные данные о скорости реакции в CS2.

По данным открытых источников и результатов тестирований на специализированных онлайн-платформах, средняя скорость реакции обычных игроков в CS2 составляет 180-220 мс, что соответствует уровню опытного любителя. Профессиональные игроки стремятся к результату менее 130 мс. В реальных игровых условиях ключевое значение имеет время до нанесения урона (Time to Damage), которое у профессионалов варьируется в пределах 178-280 мс.

Также используется следующая шкала оценки результатов теста на реакцию: результат менее 150 мс соответствует уровню профессионального игрока; 150-180 мс – высокому любительскому уровню; 180-220 мс – уровню опытного любителя; 220-260 мс – среднему любительскому уровню[7].

2.2. Методика исследования

В исследовании приняли участие 68 студентов Московского политехнического университета. Участники были разделены на две группы: игроки в CS2 (34 человека) и неигроки (34 человека). Критерием отбора в группу игроков служил регулярный игровой опыт (от 6 месяцев). В группу неигроков вошли студенты, никогда не игравшие в CS2.

Сбор данных проводился с помощью онлайн-анкеты в Google Forms. Участники отвечали на вопросы об игровом стаже, частоте игры, субъективных ощущениях (улучшение реакции, учащение пульса, тремор рук). Тестирование реакции выполнялось на сайте cs2-config.com. Участникам предлагалось сделать 5 попыток теста на простую двигательную реакцию (клик при появлении зелёного цвета). После завершения тест автоматически отображал среднее время реакции в миллисекундах, которое участник вносил в анкету. Статистическая обработка включала расчёт средних, минимальных и максимальных значений, а также визуализацию результатов.

2.3. Результаты исследования

2.3.1. Характеристика выборки

В опросе приняли участие 68 студентов Московского политехнического университета. Распределение по возрасту и игровому опыту представлено на рис. 1.

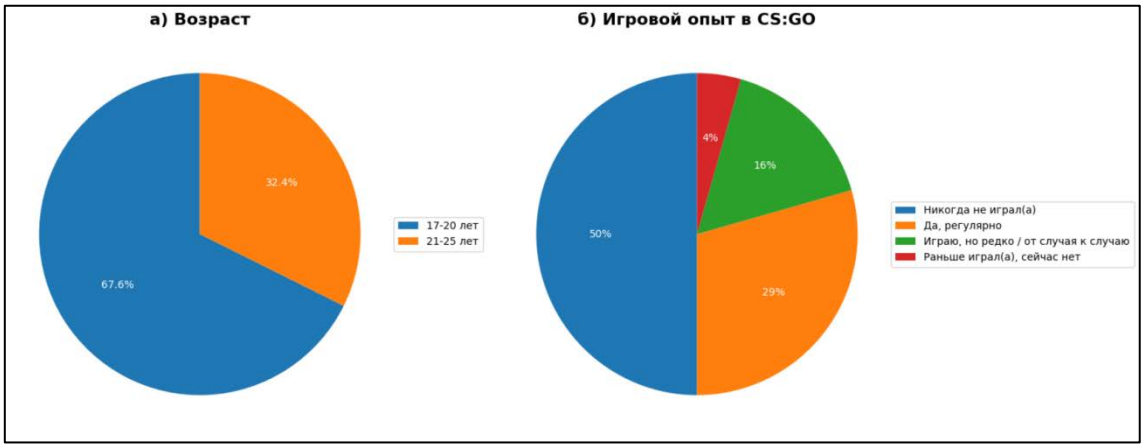


Рис. 1. Характеристика выборки: распределение по возрасту (а) и игровому опыту в CS2 (б)

На рис. 1а представлено распределение участников по возрасту: 46 человек (67,6 %) в возрасте 17-20 лет, 22 человека (32,4 %) – 21-25 лет. Участники старше 25 лет отсутствовали.

На рис. 1б показано распределение по критерию игры в CS2: 20 человек (29,4 %) играют регулярно, 11 (16,2 %) – редко или от случая к случаю, 3 (4,4 %) играли ранее, но сейчас нет, 34 (50 %) никогда не играли. Для дальнейшего анализа в группу «игроки» были включены все, кто указал любой игровой опыт (34 человека), в группу «неигроки» – никогда не игравшие (34 человека).

Среди игроков распределение по стажу и количеству часов игры в неделю представлено на рис. 2.

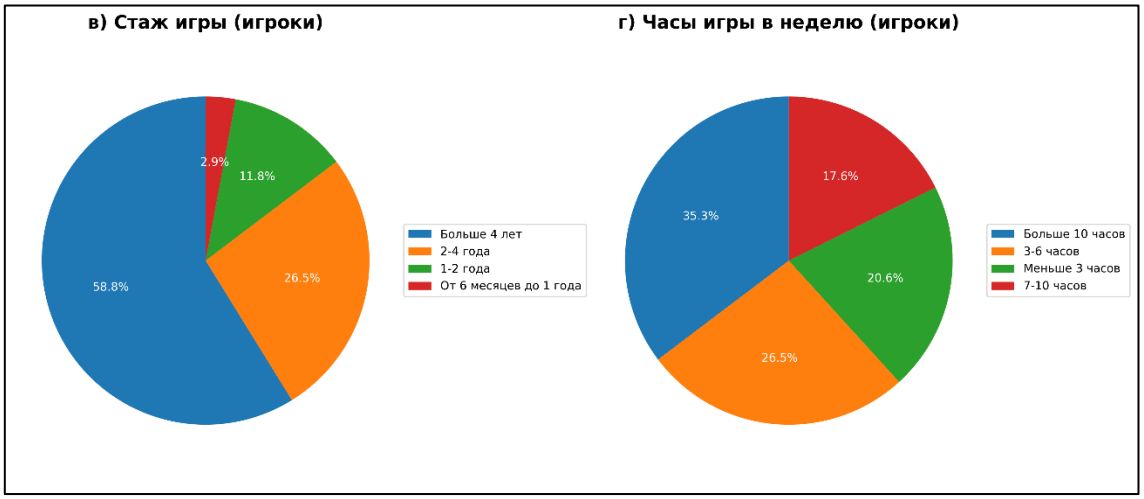


Рис. 2. Характеристика игроков: распределение по стажу игры (а) и количеству часов игры в неделю (б)

На рис. 2а показан стаж игры: 20 человек (58,8 %) имеют стаж более 4 лет, 9 (26,5 %) – 2-4 года, 4 (11,8 %) – 1-2 года, 1 (2,9 %) – от 6 месяцев до 1 года.

На рис. 2б представлена частота игры: 12 человек (35,3 %) играют более 10 часов в неделю, 9 (26,5 %) – 3-6 часов, 7 (20,6 %) – менее 3 часов, 6 (17,6 %) – 7-10 часов.

2.3.2. Результаты тестирования реакции

Среднее время простой двигательной реакции у игроков в CS2 составило 243 мс, у неигроков – 297 мс. Разница составила 54 мс в пользу игроков. Минимальное время реакции в группе игроков – 139 мс, максимальное – 392 мс; в группе неигроков – 264 мс и 348 мс соответственно (табл.).

Таблица

Показатели времени реакции у игроков и неигроков (мс)

Показатель	Игроки	Неигроки
Среднее время	243	297
Медиана	229	301
Максимум	392	348
Минимум	139	264

На рис. 3 представлено распределение времени реакции в обеих группах. Медиана времени реакции у игроков составила 229 мс, у неигроков – 301 мс. Разброс значений в группе игроков значительно выше (стандартное отклонение 62 мс), что объясняется различиями в игровом стаже и частоте тренировок. В группе неигроков значения более однородны (стандартное отклонение 22 мс).

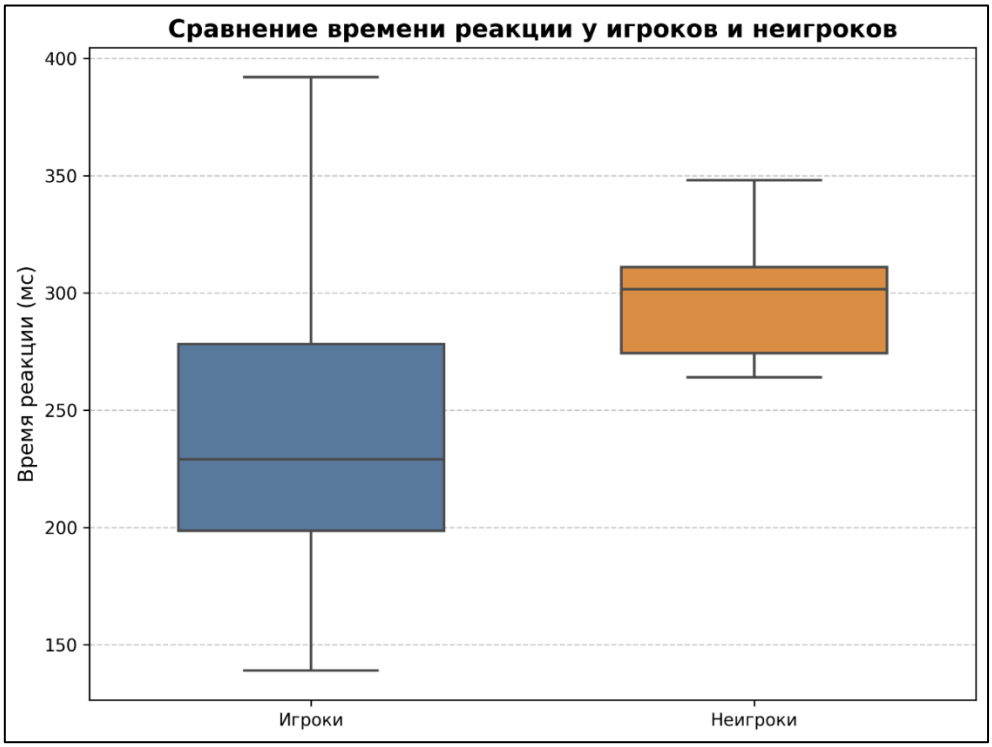


Рис. 3. Распределение времени реакции у игроков и неигроков (ящик с усами: линия внутри – медиана, границы ящика – 25-й и 75-й процентили, усы – мин и макс)

2.3.3. Субъективные ощущения игроков

На рис. 4 представлены диаграммы, отражающие распределение ответов по трём вопросам.

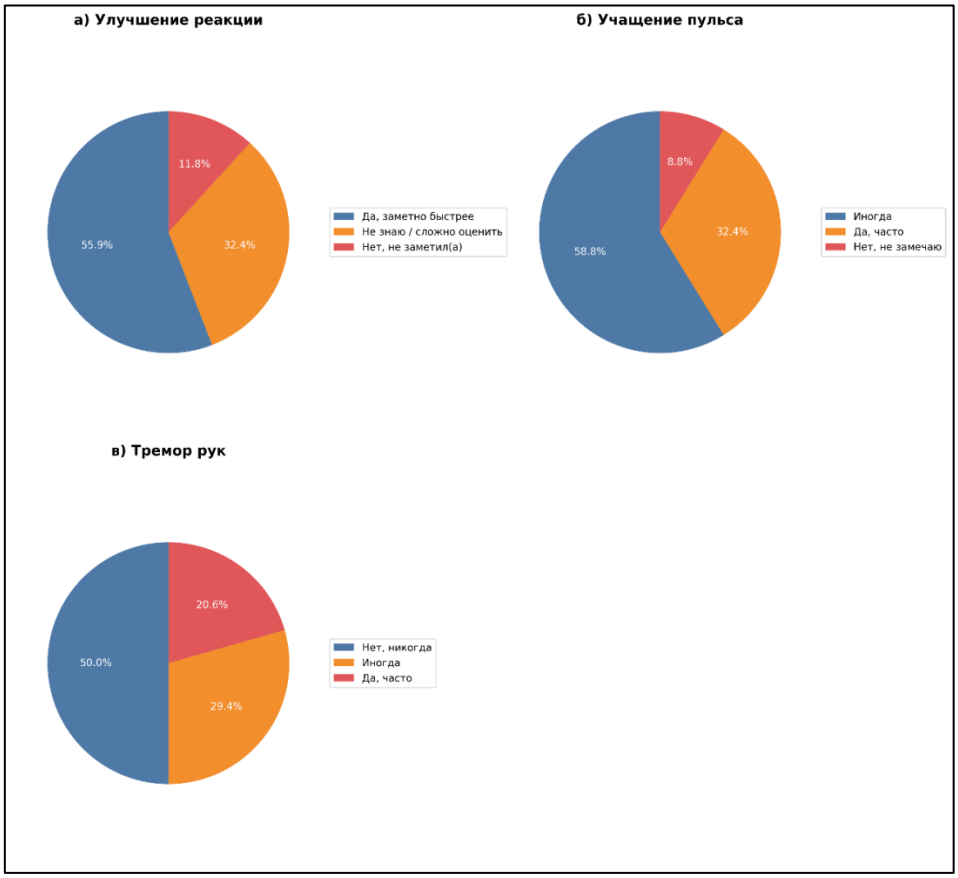


Рис. 4. Субъективные ощущения игроков: улучшение реакции после начала игры (а), учащение пульса в напряжённые моменты (б), тремор рук после игры (в)

Среди 34 игроков 19 человек (55,9 %) отметили, что их реакция в жизни стала быстрее после начала игры в CS2, 11 (32,4 %) затруднились с ответом, 4 (11,8 %) не заметили изменений (рис. 4а).

Учащение пульса в напряжённые моменты игры часто испытывают 11 игроков (32,4 %), иногда – 20 (58,8 %), лишь 3 игрока (8,8 %) не замечают изменений (рис. 4б).

Тремор (дрожь) в руках после напряжённых игр иногда возникает у 10 человек (29,4 %), часто – у 7 (20,6 %), никогда не замечали – 17 человек (50 %) (рис. 4в).

Полученные данные о высокой частоте учащения пульса (91 % опрошенных) согласуются с объективными замерами у профессиональных игроков. Согласно данным портала Sports.ru, во время турнира WePlay у киберспортсменов пульс в стандартных ситуациях составлял 85-110 ударов в минуту, а в напряжённые моменты (перестрелки, клатч-ситуации) поднимался до 160 ударов в минуту. Спортивный врач Артём Рыженко отмечает, что такие показатели не представляют угрозы для здоровья и являются нормальной реакцией на когнитивную и эмоциональную нагрузку[6].

2.3.4. Влияние игрового опыта на скорость реакции

На рис. 5 представлено распределение времени реакции в зависимости от количества часов игры в неделю.

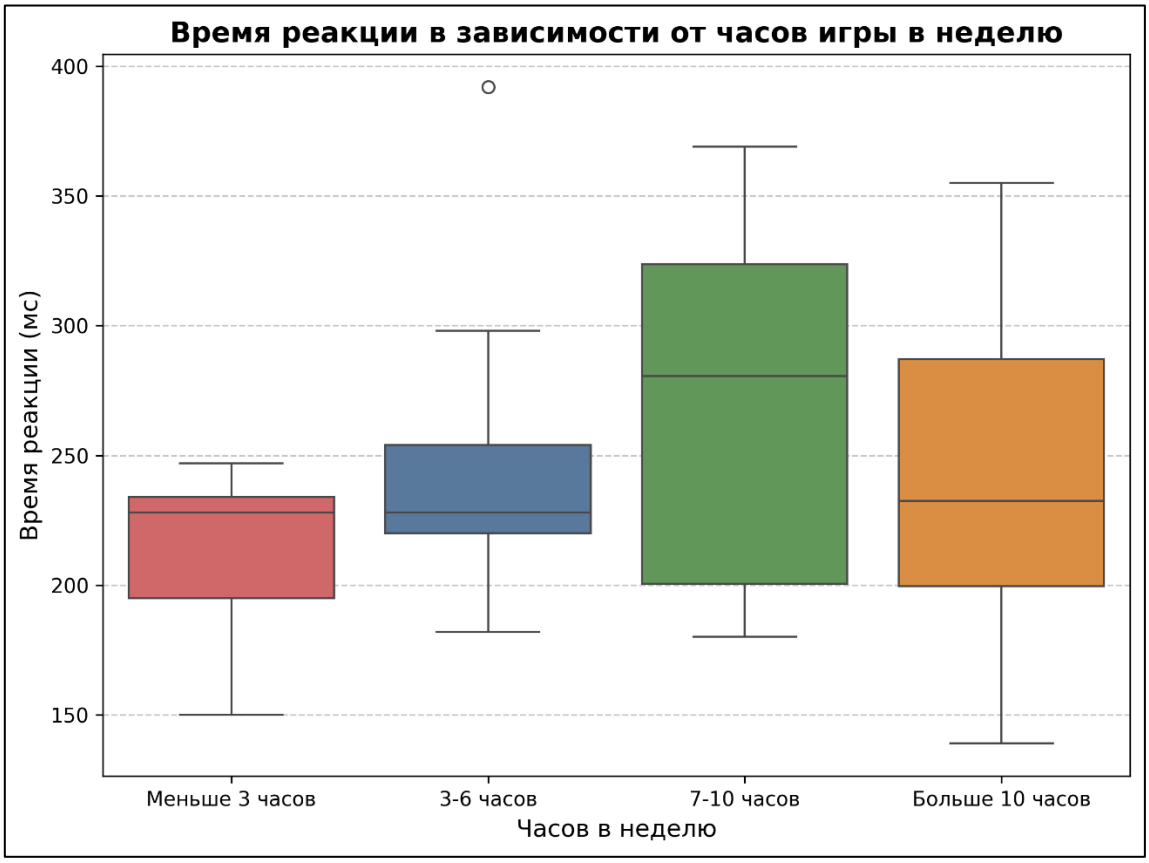


Рис. 5. Распределение времени реакции в зависимости от количества часов игры в неделю

Медианное время реакции в группе с нагрузкой 3-6 часов составляет 228 мс, в группе более 10 часов – 233 мс, в группе 7-10 часов – 280 мс. Наиболее быстрая реакция зафиксирована в группе, играющей менее 3 часов (медиана 228 мс), однако эта группа малочисленна (7 человек), что не позволяет делать на её основе надёжные выводы.

Наибольший разброс значений наблюдается в группе 3-6 часов (от 182 до 392 мс) и в группе более 10 часов (от 139 до 355 мс), что указывает на высокую вариативность индивидуальных показателей даже при сопоставимом игровом опыте.

В целом, чёткой зависимости между количеством часов игры и временем реакции в данной выборке не выявлено. Однако все группы регулярных игроков (от 3 часов в неделю)

демонстрируют результаты, значительно лучшие, чем у неигроков (297 мс). Это позволяет утверждать, что сам по себе игровой опыт в CS2 положительно влияет на скорость реакции, независимо от его интенсивности.

На рис. 6 представлено распределение времени реакции в зависимости от стажа игры.

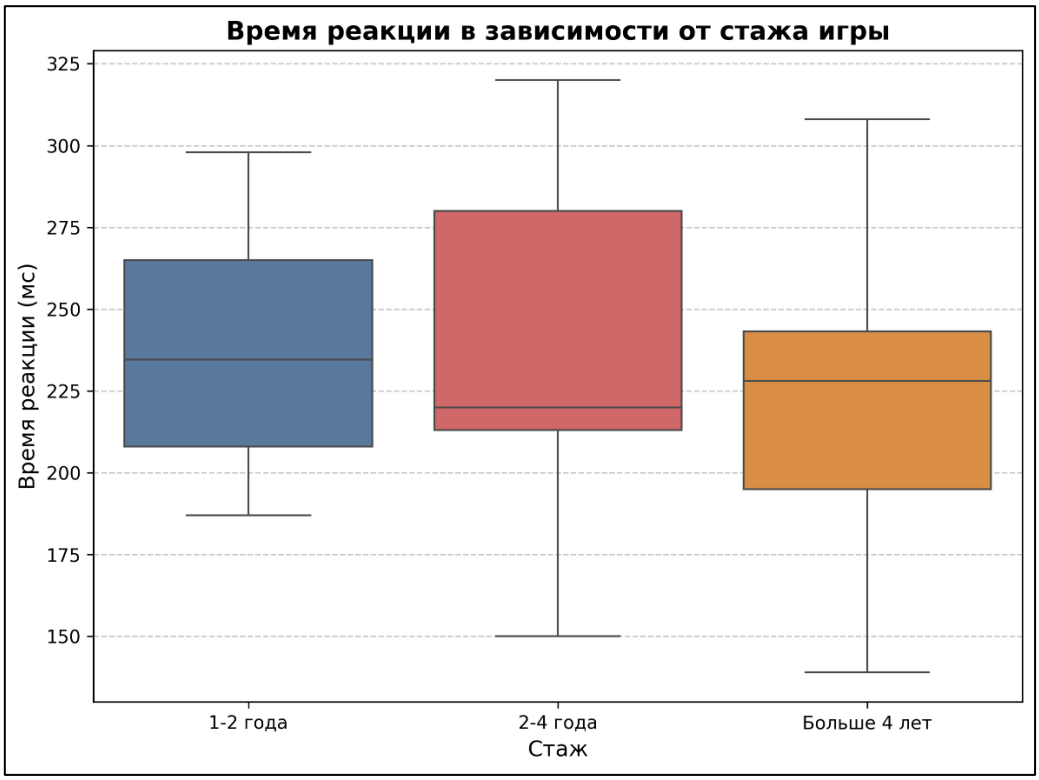


Рис. 6. Распределение времени реакции в зависимости от стажа игры

Медианное время реакции у игроков со стажем 2-4 года составляет 220 мс, у игроков со стажем более 4 лет – 228 мс, у игроков со стажем 1-2 года – 235 мс. Наименьшее среднее время реакции зафиксировано в группе с наибольшим стажем (более 4 лет) – 220 мс, что на 19 мс ниже, чем в группе 1-2 года (239 мс) и на 18 мс ниже, чем в группе 2-4 года (238 мс).

Наиболее быстрые индивидуальные результаты (139 мс и 150 мс) также принадлежат игрокам со стажем более 4 лет. Разброс значений в этой группе остаётся высоким (от 139 до 308 мс), что может быть связано с различиями в интенсивности тренировок и индивидуальными особенностями.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о положительном влиянии длительного игрового опыта на скорость реакции: игроки со стажем более 4 лет в среднем реагируют быстрее, чем игроки с меньшим стажем. При этом все группы игроков, независимо от стажа, демонстрируют результаты, значительно лучшие, чем у неигроков (297 мс), что подтверждает общий положительный эффект регулярной игры в CS2 на скорость реакции.

2.4. Сравнительный анализ результатов

В ходе исследования выявлены различия в скорости реакции между студентами-игроками в CS2 и неигроками. Полученные данные сопоставлены с литературными данными о средних показателях обычных игроков и профессионалов (рис. 7).

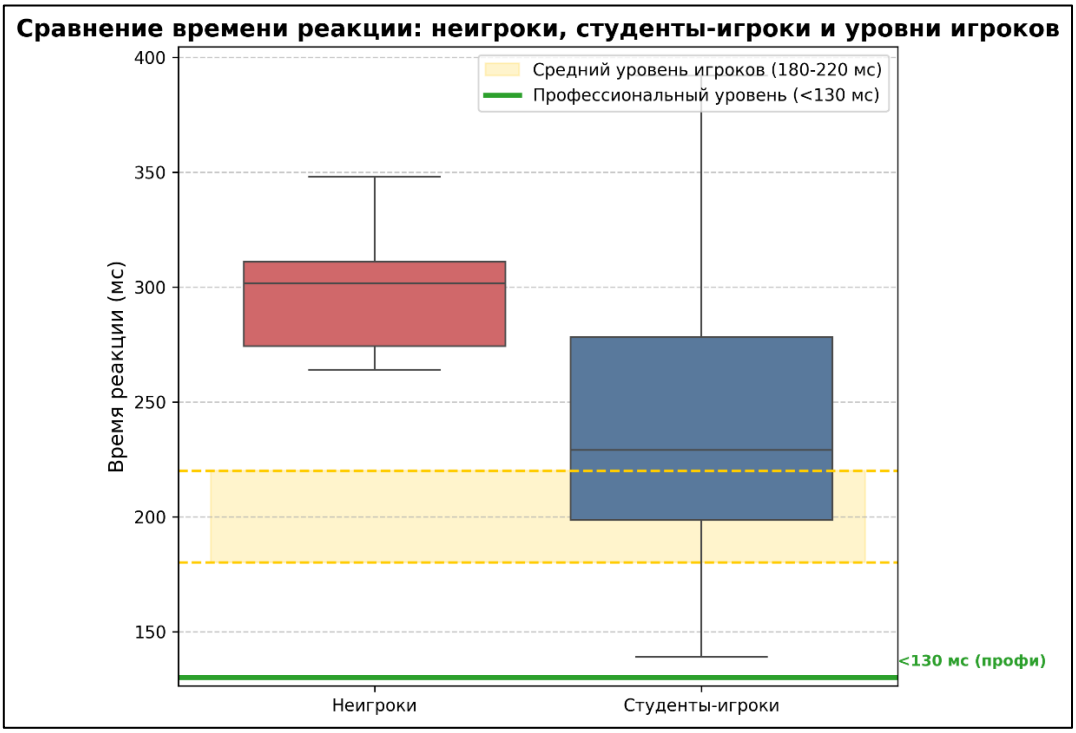


Рис. 7. Сравнение времени реакции неигроков, студентов-игроков в CS2 и уровней игроков (жёлтая зона – средний уровень обычных игроков, зелёная линия – профессиональный уровень)

Среднее время реакции в группе неигроков составило 297 мс, что выше нормативных показателей для нетренированного человека (220-270 мс) [7]. В группе студентов-игроков средний результат оказался значительно лучше – 243 мс, что на 54 мс быстрее. Этот показатель находится вблизи диапазона среднего уровня обычных игроков в CS2 (180-220 мс), что свидетельствует о положительном влиянии игрового опыта. Небольшое отставание от этого диапазона может быть связано с особенностями тестирования: прохождение теста на телефоне или ноутбуке с тачпадом даёт более высокие результаты (на 30-50 мс), чем на компьютере с мышью.

Профессиональные игроки, согласно литературным данным, стремятся к результату менее 130 мс, что значительно выше показателей студентов-любителей и требует систематических тренировок.

Разброс значений в группе игроков (62 мс) выше, чем у неигроков (22 мс), что объясняется различиями в стаже, интенсивности тренировок и индивидуальных особенностях. У игроков со стажем более 4 лет среднее время реакции ниже (220 мс), чем у игроков с меньшим стажем (238-239 мс), что подтверждает положительное влияние длительной практики. Чёткой зависимости между количеством часов игры в неделю и скоростью реакции не выявлено, что может быть связано с малым объёмом выборки.

Субъективные ощущения игроков: 56 % отметили улучшение реакции, 91 % испытывают учащение пульса в напряжённые моменты, что согласуется с данными о пульсе профессиональных игроков (до 160 уд/мин) [6].

Таким образом, регулярная игра в CS2 положительно влияет на скорость реакции студентов-любителей. Достижение профессионального уровня (менее 130 мс) требует систематических тренировок. Полученные данные могут быть использованы для обоснования включения киберспортивных дисциплин в систему физического воспитания вуза как доступного инструмента развития когнитивных способностей.

Заключение

По результатам проведённого исследования можно сформулировать следующие выводы:

1. Регулярная игра в CS2 положительно влияет на скорость простой двигательной реакции: студенты-игроки показали средний результат 243 мс, что на 54 мс лучше, чем у неигроков (297 мс).

2. Разброс значений в группе игроков выше, чем у неигроков, что объясняется различиями в игровом стаже и интенсивности тренировок. Наиболее быстрые результаты зафиксированы у игроков со стажем более 4 лет (среднее 220 мс).

3. Большинство игроков субъективно отмечают улучшение реакции (56 %) и учащение пульса в напряжённые моменты (91 %). Эти данные согласуются с результатами объективных замеров, согласно которым у профессиональных киберспортсменов пульс во время игры достигает 160 ударов в минуту [6].

4. Полученные данные позволяют рассматривать киберспорт (в частности, CS2) как доступный инструмент развития когнитивных способностей в студенческой среде. Достижение профессионального уровня (<130 мс) требует систематических тренировок и специализированной подготовки.

Список литературы

1. Ильин Е.П. Психомоторика: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2006. – 384 с.
2. Марютина Т.М., Ермолаев О.Ю. Введение в психофизиологию: учебное пособие. – М.: Флинта, 2017. – 368 с.
3. Исследование РГУФКСМиТ // Игромания. – 2023. – URL: https://www.igromania.ru/news/82134/Uchyonye_vyyasnili_chto_Counter-Strike_bolee_trebovatelna_k_reakcii_i_tochnosti_chem_Dota_2.html (дата обращения: 22.03.2026).
4. Исследование Шеффилдского университета // Gazeta.ru. – 2025. – URL: https://www.gazeta.ru/tech/news/2025/02/23/25157594.shtml (дата обращения: 22.03.2026).
5. Министерство спорта Российской Федерации. Сведения о развитии компьютерного спорта в Российской Федерации. – 2024. – URL: https://cyber.sports.ru/games/1116707606-321-tysyacha-chelovek-iz-nix-91-zhenshhiny-zanimalis-kompyuternym-spor.html (дата обращения: 22.03.2026).
6. Спортивный врач о пульсе киберспортсменов во время турниров // Sports.ru. – 2021. – URL: https://cyber.sports.ru/cs/blogs/2959368.html (дата обращения: 22.03.2026).
7. Справочные данные о скорости реакции в CS2 // СТАВКА ТВ. – 2026. – URL: https://stavka.tv/articles/cybersport/esports-players-reaction (дата обращения: 22.03.2026).

Усачев М.В.
студент,
nistcor@mail.ru
Научный руководитель: ***Маликов А.Ю.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
chepaev25@yandex.ru

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В АНАЛИЗЕ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТОВ

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения искусственного интеллекта для анализа физической активности студентов. Цель исследования – определить, какие ИИ-инструменты могут использоваться в физическом воспитании студентов и как обучающиеся оценивают цифровое сопровождение занятий. Работа сочетает обзор литературы и анализ результатов опроса. Показано, что наибольший интерес для студентов представляют видеоанализ техники движений, интерпретация нагрузки и персонализированные рекомендации, тогда как простые функции трекинга активности сами по себе не раскрывают потенциал искусственного интеллекта в учебном процессе.

Ключевые слова: искусственный интеллект; физическая активность; студенты; цифровые технологии; носимые устройства; физическое воспитание; персонализация нагрузки.

Введение

Развитие цифровых технологий в физическом воспитании само по себе уже не является новой темой. Однако использование искусственного интеллекта в этой сфере по-прежнему вызывает практический интерес, поскольку речь идёт не просто о фиксации шагов или продолжительности тренировки, а об интерпретации двигательной активности, выявлении ошибок в технике упражнений и подготовке персонализированных рекомендаций.

Актуальность исследования определяется тем, что в студенческой среде уже распространены цифровые средства контроля активности, но далеко не всегда ясно, где заканчивается обычный трекинг и начинается собственно использование инструментов искусственного интеллекта. Поэтому важно рассмотреть именно те функции, которые связаны с анализом данных, видеоразбором движений и адаптацией нагрузки, а не только с подсчётом базовых показателей.

Объект исследования – физическая активность студентов в образовательной среде вуза.

Предмет исследования – возможности применения инструментов искусственного интеллекта для анализа, сопровождения и персонализации физической активности студентов.

Новизна исследования состоит в уточнении того, какие функции искусственного интеллекта в физическом воспитании воспринимаются студентами как наиболее полезные, а также в рассмотрении данных опроса в контексте общих направлений развития цифровых технологий в этой сфере.

Обзор литературы

Современная литература показывает, что искусственный интеллект в физическом воспитании целесообразно рассматривать не как обычный цифровой трекинг, а как инструменты анализа и интерпретации данных. В этой связи наибольший интерес представляют три направления: видеоанализ техники движений, автоматическая оценка реакции на нагрузку и персонализированная выдача рекомендаций.

Видеоанализ позволяет фиксировать ошибки в выполнении упражнений и давать студенту более предметную обратную связь. Инструменты интерпретации нагрузки важны потому, что они позволяют не просто регистрировать активность, а соотносить её с уровнем подготовленности, режимом занятий и самочувствием. Наконец, персонализированные рекомендации делают цифровое сопровождение более осмысленным, поскольку ориентируются не на усреднённый шаблон, а на индивидуальные особенности обучающегося.

Таким образом, для темы настоящей статьи принципиально важно различать обычные функции контроля активности и более сложные ИИ-возможности, связанные с анализом, распознаванием и адаптацией учебного процесса.

Методология исследования

Исследование выполнено в смешанном формате. Первая часть представляет собой аналитический обзор публикаций по теме, вторая – анализ результатов анкетирования студентов.

Теоретическую базу составили российские и зарубежные источники, посвящённые цифровизации физического воспитания, носимым устройствам, мобильным приложениям, видеоанализу движений и применению искусственного интеллекта в образовательной среде [1–11]. При отборе литературы особое внимание уделялось работам, связанным именно со студенческой аудиторией, учебными занятиями и университетской спортивной средой.

Эмпирическим инструментом выступила анкета Google Forms по теме «Искусственный интеллект в анализе физической активности студентов». Вопросы касались пола и курса обучения, частоты занятий физической культурой или спортом, использования мобильных приложений и носимых устройств, отслеживаемых показателей, отношения к автоматической обратной связи, полезности видеоанализа техники, важности индивидуального подбора нагрузки и влияния цифровых технологий на мотивацию.

В анализ были включены 56 ответов. Обработка проводилась на основе сводных диаграмм Google Forms. Такой формат не позволяет строить сложные перекрёстные таблицы, однако даёт возможность выявить общие тенденции. Для вопросов с множественным выбором сумма процентов закономерно превышает 100 %.

Следует отметить, что прямого вопроса о готовности студентов заниматься под цифровым сопровождением анкета не содержала. Поэтому данный аспект оценивался косвенно – по сочетанию фактического использования приложений, отношения к автоматической обратной связи, оценки полезности видеоанализа и влияния цифровых технологий на мотивацию.

Результаты и обсуждение

В исследовании приняли участие 56 студентов. Выборка оказалась смещённой в сторону мужчин и обучающихся 1–3 курсов, поэтому полученные результаты в большей степени отражают позицию бакалавров младших и средних курсов (табл. 1). Это важно учитывать при интерпретации ответов и формулировке выводов.

Таблица 1

Социально-демографическая характеристика выборки

Показатель	Число студентов	Доля респондентов, %
Мужчины	47	83,9
Женщины	9	16,1
1 курс	15	26,8
2 курс	17	30,4
3 курс	19	33,9
4 курс	2	3,6
Магистратура	3	5,4

Распределение ответов показывает в целом благоприятную картину: полностью не занимаются физической культурой лишь единичные респонденты, а основная часть опрошенных включена в режим умеренно регулярной двигательной активности. Наиболее заметна группа студентов, которые тренируются несколько раз в неделю; значительная часть также занимается 1–2 раза в неделю (рис. 1).

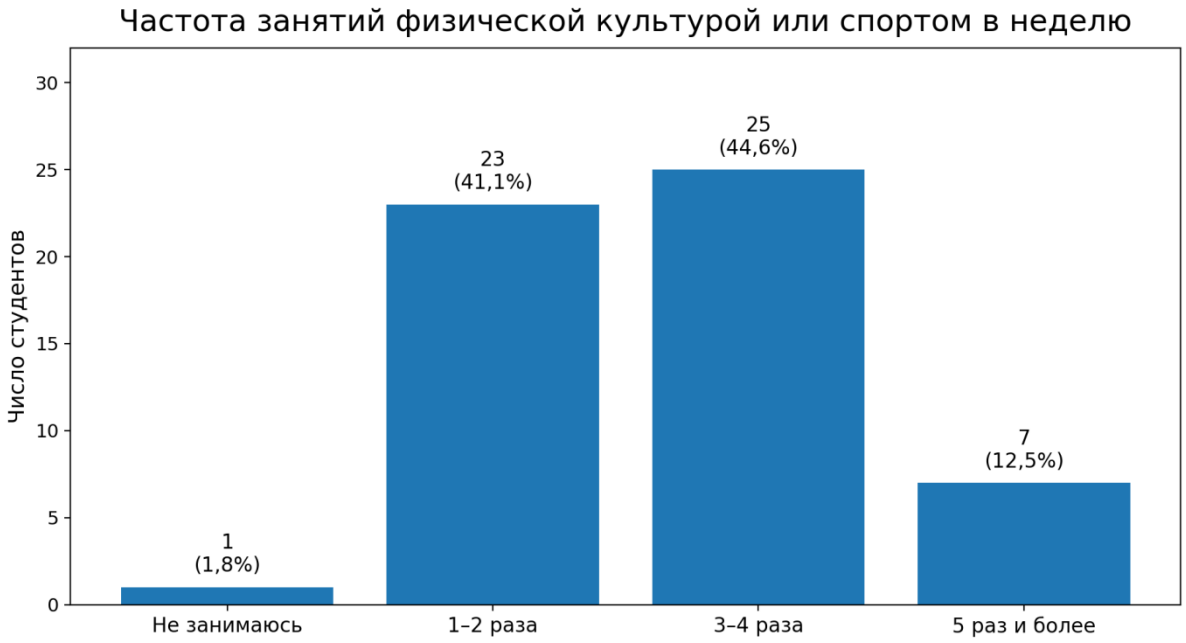


Рис. 1. Частота занятий физической культурой или спортом в течение недели

Этот результат важен прежде всего потому, что цифровые инструменты в такой аудитории могут использоваться не только как средство вовлечения в активность «с нуля», но и как инструмент самоконтроля, поддержания режима и более точного соотнесения нагрузки с собственным состоянием.

Результаты опроса показывают, что базовые цифровые средства контроля физической активности уже вошли в повседневную практику части студентов. Однако сам по себе этот факт ещё не свидетельствует об активном использовании именно ИИ-инструментов, поскольку простая фиксация показателей не равна их интеллектуальной интерпретации.

Таким образом, результаты опроса показывают, что студенты хорошо знакомы с простыми цифровыми средствами контроля активности, однако потенциал искусственного ин-

теллекта в физическом воспитании связан не столько с фиксацией шагов и сна, сколько с анализом техники движений, оценкой нагрузки и персонализацией рекомендаций (рис. 2).

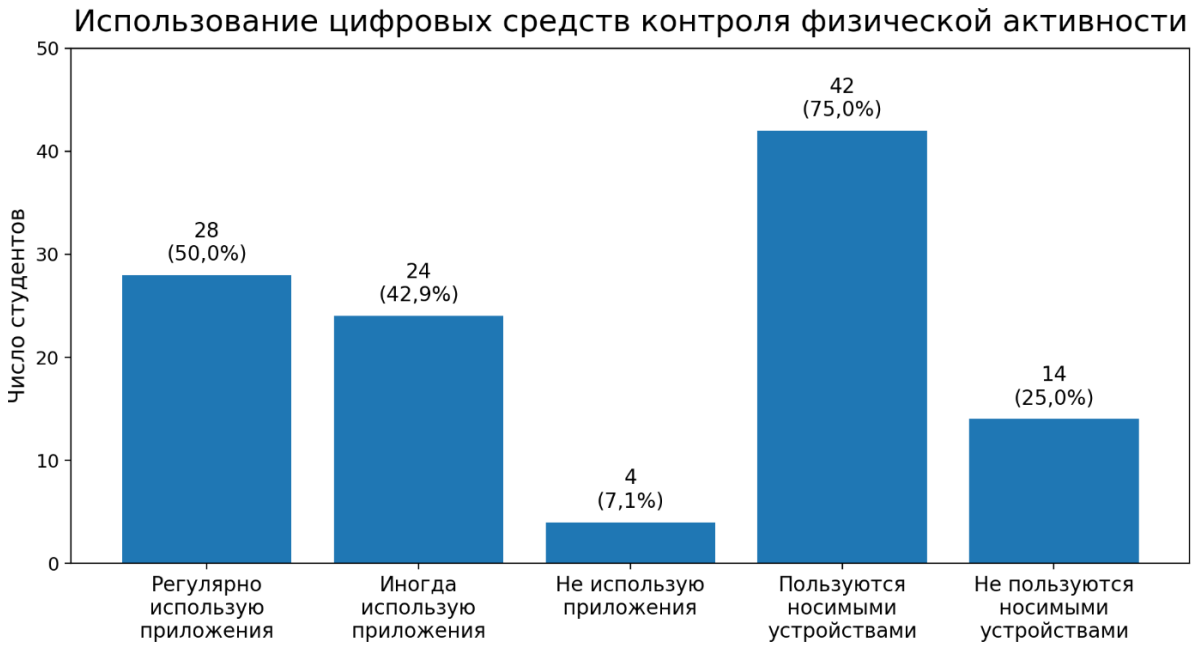


Рис. 2. Использование цифровых средств контроля физической активности

Наиболее высоко студенты оценивают те возможности цифровых технологий, которые помогают лучше понимать собственную нагрузку и индивидуализировать занятия. Это показывает, что цифровое сопровождение воспринимается ими прежде всего как инструмент самонаблюдения и саморегуляции, а не как формальная технологическая надстройка.

Сходная тенденция проявляется и в отношении к видеоанализу. Большинство респондентов положительно или скорее положительно воспринимают идею анализа движений с помощью видео или компьютерного зрения. Это означает, что у студентов в целом нет выраженного барьера против цифровой подсказки, если она действительно помогает улучшить технику упражнения.

Поскольку вопрос предусматривал множественный выбор, сумма процентов по всем позициям превышает 100 % (табл. 2).

Таблица 2

Показатели, которые студенты отслеживают чаще всего

Показатель	Число ответов	Доля респондентов, %
Шаги	44	78,6
Сон	39	69,6
Время тренировки	23	41,1
Калории	18	32,1
Пульс	16	28,6

Результаты опроса показывают, что студенты положительно воспринимают цифровые технологии прежде всего тогда, когда они помогают не просто фиксировать активность, а интерпретировать её результаты. Наибольшую ценность в этом контексте имеют функции, связанные с видеоанализом техники движений, более точной оценкой нагрузки и возможностью адаптировать рекомендации под конкретного студента.

Хотя прямого вопроса о готовности заниматься под цифровым сопровождением анкета не содержала, совокупность ответов позволяет сделать осторожный вывод о принятии тех ИИ-инструментов, которые воспринимаются как практически полезные. Иначе говоря, интерес вызывает не сама цифровизация как таковая, а такие её формы, которые помогают понять ошибки, скорректировать выполнение упражнений и сделать режим занятий более адресным.

Подобный акцент прослеживается и в международной практике: опубликованные материалы показывают, что искусственный интеллект в физическом воспитании используется прежде всего для видеоанализа движений, оценки нагрузки и персонализации тренировочного процесса. В этом смысле результаты опроса не противоречат более широким наблюдениям: наибольший интерес вызывают те цифровые инструменты, которые помогают интерпретировать активность и делать рекомендации более адресными.

Полученные результаты позволяют уйти от слишком прямолинейного представления об искусственном интеллекте как о готовом решении всех проблем физического воспитания. Опрос показывает, что студенты действительно активно пользуются цифровыми средствами, однако их отношение к ним носит не безусловно восторженный, а скорее прагматичный характер. Для респондентов важна не сама технологичность инструмента, а его реальная польза: помощь в самоконтроле, коррекции техники, поддержании режима и более точной организации нагрузки.

С педагогической точки зрения это один из ключевых выводов статьи. Искусственный интеллект не должен входить в занятия как внешний механизм давления. Если студент воспринимает приложение или видеоконтроль как инструмент слежки, мотивационного эффекта не будет. Если же цифровая система помогает понять собственную нагрузку, увидеть прогресс и получить адресную рекомендацию, отношение к ней становится заметно спокойнее и практичнее.

При этом исследование имеет и ограничения. Выборка невелика и неравномерна по полу и курсам, а анализ выполнялся по агрегированным диаграммам без доступа к полному массиву индивидуальных анкет. Поэтому работа показывает прежде всего общую тенденцию, а не точные причинно-следственные связи.

Выводы

Проведённое исследование показывает, что в физическом воспитании студентов искусственный интеллект следует рассматривать не как обычный цифровой трекинг активности, а как инструмент анализа, интерпретации и сопровождения учебного процесса.

Материалы опроса свидетельствуют о том, что студенты уже знакомы с базовыми цифровыми средствами самоконтроля, однако такие функции, как подсчёт шагов, контроль сна и фиксация времени тренировки, сами по себе ещё не раскрывают возможностей искусственного интеллекта.

Наиболее значимыми для темы исследования являются те функции, которые связаны с видеоанализом техники движений, интерпретацией нагрузки и подготовкой персонализированных рекомендаций. Именно такие инструменты позволяют перейти от простой фиксации активности к более содержательному анализу двигательной деятельности студентов.

Таким образом, использование искусственного интеллекта в физическом воспитании оказывается наиболее оправданным в тех случаях, когда цифровые средства помогают студенту понять собственную нагрузку, увидеть ошибки в выполнении упражнений и получить более адресные рекомендации.

Перспективы дальнейших исследований связаны с уточнением того, какие именно ИИ-инструменты наиболее применимы в вузовской практике и как меняется отношение студентов к ним при переходе от обычного цифрового самоконтроля к интеллектуальному анализу физической активности.

Список литературы

1. Андросов П.П. Использование цифровых технологий в проведении физкультурно-спортивных и оздоровительных мероприятий в учебных заведениях высшего и среднего профессионального образования // Студенческий спорт: инновации, технологии и цифровая трансформация. Калининград, 2023. С. 11–14.

2. Борисова А.Н., Вольнов С.А. Технологии искусственного интеллекта для проведения дистанционных занятий по физической культуре в вузах и школах // Студенческий спорт: инновации, технологии и цифровая трансформация. Калининград, 2023. С. 29–32.

3. Семенив Д.А., Коваленко Т.А., Маркелова Е.Б. Мобильное приложение в структуре дисциплины «Физическая культура» в вузе // Студенческий спорт: инновации, технологии и цифровая трансформация. Калининград, 2023. С. 207–212.

4. Студенческий спорт: инновации, технологии и цифровая трансформация: материалы I Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 40-летию Высшей школы физической культуры и спорта Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта. Калининград: Издательство БФУ им. И. Канта, 2023. 303 с.

5. Хуажева З.Р., Галюнко Т.Э. Роль искусственного интеллекта в физической культуре и спорте сегодня // Студенческий спорт: инновации, технологии и цифровая трансформация. Калининград, 2023. С. 261–264.

6. Bi S., Yuan J., Wang Y., Zhang W., Zhang L., Zhang Y., Zhu R., Luo L. Effectiveness of Digital Health Interventions in Promoting Physical Activity Among College Students: Systematic Review and Meta-Analysis // Journal of Medical Internet Research. 2024. Vol. 26. e51714. DOI: 10.2196/51714.

7. Loughborough University. AI in Sport initiatives. 2024.

8. Song X. Physical education teaching mode assisted by artificial intelligence assistant under the guidance of high-order complex network // Scientific Reports. 2024. Vol. 14. Art. 53964. DOI: 10.1038/s41598-024-53964-7.

9. Tohănean D.I., Vulpe A.M., Mijaica R., Alexe D.I. Embedding Digital Technologies (AI and ICT) into Physical Education: A Systematic Review of Innovations, Pedagogical Impact, and Challenges // Applied Sciences. 2025. Vol. 15. No. 17. Art. 9826. DOI: 10.3390/app15179826.

10. University of Koblenz. adh AI Perspective Conference in University Sports 2024: researches from the University of Koblenz present AI-supported training systems for injury prevention. 2024.

11. Xu Y., Peng J., Jing F., Ren H. From wearables to performance: how acceptance of IoT devices influences physical education results in college students // Scientific Reports. 2024. Vol. 14. Art. 23776. DOI: 10.1038/s41598-024-75071-3.

Алтунин Д.А.
студент,
altunin.den@bk.ru
Научный руководитель: ***Межман И.Ф.***
к.б.н., доцент,
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
Россия, Самара
priem@psuti.ru

ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ В РЕЖИМЕ ДНЯ СТУДЕНТОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ КАК УСЛОВИЕ СОХРАНЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Аннотация. Статья посвящена роли двигательной активности в режиме студентов, чье обучение связано с длительной работой за компьютером. Рассматриваются особенности учебного дня обучающихся технических направлений, последствия малоподвижности и возможности профилактики умственного переутомления средствами физической культуры. Показано, что регулярные тренировки и короткие двигательные паузы помогают поддерживать внимание, работоспособность и более устойчивое функциональное состояние организма.

Ключевые слова: двигательная активность; студенты; гиподинамия; умственное утомление; учебная нагрузка; физическая культура; работа за компьютером.

Учебный день студента компьютерного профиля обычно складывается из продолжительной работы за монитором, выполнения лабораторных заданий, подготовки отчетов и самостоятельного освоения цифровых инструментов. В такой ситуации интеллектуальная нагрузка сочетается с малой подвижностью, а утомление накапливается не только к концу

недели, но и в пределах одного учебного дня. Для обучающихся направлениям, связанным с информационной безопасностью, телекоммуникациями и программной настройкой систем, эта особенность режима особенно заметна.

При недостатке движения ухудшается переносимость длительной статической позы, быстрее появляется ощущение усталости, сложнее удерживать внимание на однотипных операциях. В литературе по физическому воспитанию и функциональному состоянию обучающихся подчеркивается, что гиподинамия неблагоприятно отражается как на самочувствии студентов, так и на качестве учебной деятельности [1, с. 12]. Поэтому вопрос о двигательной активности в вузе следует рассматривать не только как вопрос общей физической подготовки, но и как элемент рациональной организации учебного режима.

Цель статьи состоит в том, чтобы показать значение регулярной физической активности для студентов компьютерных направлений и определить, какие формы двигательной активности наиболее уместны в условиях напряженного учебного графика. Рассматриваемая проблема имеет практический характер, поскольку речь идет не о спортивных достижениях, а о сохранении работоспособности, предупреждении переутомления и поддержании устойчивой учебной продуктивности.

Особенности учебного режима студентов компьютерных направлений

Для студентов технических специальностей характерны периоды высокой концентрации, когда в течение нескольких часов подряд требуется анализировать информацию, работать с кодом, схемами, сетевыми настройками и большими объемами электронных материалов. Даже при хорошей учебной мотивации такой формат занятий повышает риск умственного перенапряжения. Если между учебными блоками не остается времени на движение, восстановление происходит медленнее, а продуктивность к концу дня снижается.

Сложность проблемы состоит в том, что малоподвижность часто воспринимается как естественная часть учебы в области современных специальностей. Однако длительное сидение не является нейтральным фоном учебы. Оно сопровождается мышечным напряжением, ощущением скованности и постепенным снижением работоспособности. В трудах, посвященных спортивной медицине и психофизиологии физического воспитания, подчеркивается связь двигательного режима с качеством восстановления после интеллектуальной нагрузки [2, с. 74; 3, с. 156].

Еще одна особенность компьютерных направлений заключается в размывании границы между учебным и внеучебным временем. Студент продолжает работать за компьютером и после занятий: выполняет домашние задания, проходит онлайн-курсы, ищет материалы, готовит презентации. В результате суммарная продолжительность статической нагрузки оказывается выше, чем это видно по одному лишь расписанию. Если при таком режиме отсутствуют прогулки, разминка и систематические занятия физической культурой, переутомление становится хроническим.

Не менее важно учитывать и психологический аспект. Для многих студентов интенсивная интеллектуальная деятельность связана с постоянным контролем сроков, проверками, выполнением практических работ и подготовкой к промежуточной аттестации. При низкой двигательной активности эти факторы острее переживаются, поскольку организму сложнее переключаться с учебного напряжения на восстановление. Именно поэтому физическая активность в вузе должна рассматриваться как часть общей культуры учебного труда.

Влияние двигательной активности на умственную работоспособность

В современной литературе физическая активность рассматривается не только как средство укрепления здоровья, но и как фактор, поддерживающий качество познавательной деятельности. Регулярные аэробные и общеукрепляющие нагрузки способствуют улучшению кровообращения, более эффективному снабжению тканей кислородом и поддержанию функционального тонуса нервной системы [6, с. 211]. За счет этого обучающийся легче включается в работу, дольше сохраняет внимание и быстрее восстанавливается после интеллектуального напряжения.

Практическая ценность двигательной активности проявляется прежде всего в ее влиянии на внимание и темп мыслительной деятельности. После разминки, ходьбы, бега или иной умеренной нагрузки студенты обычно легче переходят к выполнению аналитических задач, требующих сосредоточенности. В исследованиях, посвященных психическому здоро-

вью студентов, отмечается, что систематические занятия физической культурой связаны с более устойчивыми показателями внимания, памяти и эмоциональной стабильности [4, с. 102].

Для студента компьютерного профиля особенно значимо то, что физическая нагрузка помогает разорвать замкнутый цикл «сидение – утомление – снижение концентрации – увеличение времени на выполнение задания». Когда двигательная активность отсутствует, одно и то же задание начинает занимать больше времени, а ошибки появляются чаще. При наличии разумного режима движения учебная работа организуется эффективнее: снижается чувство тяжести, легче поддерживается темп, повышается способность к длительному умственному усилию.

Следует подчеркнуть, что положительный эффект дает не только полноценная тренировка, но и регулярность. Однократная нагрузка улучшает состояние временно, тогда как систематические занятия формируют более устойчивый уровень работоспособности. В учебном процессе это выражается в лучшей переносимости лекций, практических занятий и самостоятельной подготовки, а также в более спокойном прохождении периодов высокой учебной напряженности [5, с. 67].

Гиподинамия и признаки учебного переутомления

Гиподинамия у студентов редко проявляется как отдельная и сразу заметная проблема. Чаще она накапливается постепенно: сначала появляется усталость к концу дня, затем ухудшается переносимость длительного сидения, позже возникают трудности с концентрацией и ощущение, что даже привычные задания выполняются дольше обычного. Такое состояние ошибочно объясняется только высокой учебной нагрузкой, хотя в действительности на него существенно влияет и дефицит движения.

Для студентов, чья подготовка связана с длительной работой за компьютером, характерны несколько типичных признаков переутомления: ощущение тяжести в плечевом поясе и спине, снижение темпа мыслительной деятельности, рост числа мелких ошибок, раздражительность, нарушение режима сна. Эти проявления напрямую не сводятся к отсутствию спорта, но они значительно усиливаются, если студент не имеет регулярной двигательной разрядки [7, с. 44].

Отдельного внимания заслуживает влияние гиподинамии на восстановление в течение учебной недели. Если после напряженного дня не происходит переключения на другую форму активности, организм остается в состоянии статического напряжения. Такое состояние хуже поддается самопроизвольному восстановлению, чем усталость после умеренной физической нагрузки. Поэтому физическая активность в данном случае выступает не дополнительным утомляющим фактором, а способом физиологического переключения.

Именно по этой причине в режиме современного студента важны не только обязательные занятия по физической культуре, но и самостоятельные формы движения. Прогулка быстрым шагом, короткая домашняя тренировка, упражнения на подвижность позвоночника и плечевого пояса, выход на улицу между учебными блоками – все это уменьшает последствия длительной сидячей работы и помогает не доводить утомление до выраженного состояния.

Физическая культура и двигательные паузы как элемент учебного режима

В условиях вуза физическая культура выполняет более широкую функцию, чем простое освоение двигательных упражнений. Для студентов компьютерных направлений она может служить средством формирования грамотного режима дня, при котором интеллектуальная деятельность чередуется с движением. Такой подход особенно важен для тех обучающихся, которые вне аудиторных занятий проводят значительную часть времени за ноутбуком или стационарным компьютером.

Полезность учебных и самостоятельных занятий по физической культуре заключается в их регулярности. Даже при отсутствии спортивной специализации студент получает возможность поддерживать общий уровень двигательной активности, улучшать координацию, развивать выносливость и формировать привычку к восстановительным нагрузкам. В работах по теории физического воспитания подчеркивается, что именно систематичность, а не эпизодические интенсивные усилия, оказывает наибольшее влияние на функциональное состояние организма [5, с. 143; 7, с. 96].

Не менее важны и короткие двигательные паузы во время учебы. Если студент каждые 50–60 минут встает, делает несколько упражнений, проходит небольшое расстояние или меняет характер деятельности, статическое напряжение уменьшается. Такие паузы не нарушают учебный процесс, а, напротив, помогают сохранить внимание и сократить время, которое затем тратится на борьбу с усталостью. Для специальностей, связанных с высокой точностью и вниманием к деталям, это имеет прямое практическое значение.

Практические рекомендации по организации двигательной активности

Рациональный режим для студента компьютерного профиля не требует сложной спортивной программы. Гораздо важнее обеспечить устойчивую регулярность движения в течение недели. В учебные дни целесообразно сочетать пешие перемещения, краткие разминки между блоками самостоятельной работы и 2–3 более продолжительных занятия умеренной интенсивности. Такой режим помогает распределять нагрузку равномерно и не воспринимать физическую активность как отдельную тяжелую обязанность.

В учебный день, насыщенный работой за экраном, можно рекомендовать простую схему: перед началом самостоятельной подготовки – короткая разминка; после каждого часа работы – 5 минут движения; после завершения основного учебного блока – прогулка или тренировка. Подобная организация не требует специального оборудования и подходит большинству студентов. Ее основное достоинство состоит в том, что она вводит движение в реальную повседневную практику, а не оставляет его на уровне формального пожелания.

Для студентов, проживающих в общежитии или имеющих ограниченное свободное время, полезными остаются доступные формы активности: ходьба, упражнения с собственным весом, бег трусцой, подвижные спортивные игры, посещение секции по интересам. Важно, чтобы выбранная форма была выполнимой в течение длительного времени. Только в этом случае физическая активность становится устойчивой привычкой и начинает положительно влиять на самочувствие, эмоциональный фон и учебную продуктивность.

Таким образом, для студентов компьютерных направлений двигательная активность выступает важным условием сохранения работоспособности в условиях длительной интеллектуальной и экранной нагрузки. Ее значение проявляется не только в укреплении здоровья, но и в поддержании внимания, снижении выраженности переутомления, улучшении качества восстановления и повышении устойчивости к учебному напряжению.

Физическая культура в вузе и самостоятельные формы движения должны рассматриваться как практический элемент рационального режима дня. Для студентов, чья подготовка связана с работой за компьютером, именно регулярные нагрузки умеренной интенсивности и короткие двигательные паузы являются наиболее реалистичным и эффективным средством профилактики гиподинамии и сохранения учебной продуктивности.

Список литературы

1. Баевский Р.М., Гольц А.П. Оценка адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы в современной клинической медицине и профилактической кардиологии // Клиническая медицина. 2018. № 3. С. 10–25.
2. Дубровский В.И. Спортивная медицина: учебник для студентов вузов. М.: Владос, 2005. 528 с.
3. Ильин Е.П. Психофизиология физического воспитания. М.: Просвещение, 2000. 287 с.
4. Коробейников Г.В., Комаров И.А., Шафибуллин И.А. Физическая нагрузка и психическое здоровье студентов // Журнал высшей нервной деятельности. 2020. Т. 70. № 1. С. 95–110.
5. Матвеев Л.П. Теория и методика физической культуры. М.: Физкультура и спорт, 1991. 543 с.
6. Смирнов В.М., Дубровский В.И. Физиология физического воспитания и спорта. М.: Владос-Пресс, 2002. 608 с.
7. Холодов Ж.К., Кузнецов В.С. Теория и методика физического воспитания и спорта: учеб. пособие для студ. вузов. М.: Академия, 2003. 480 с.

Садокова В.С., Стрелкова Е.В.
студенты,
dashali13@mail.ru
Научный руководитель: ***Егорычева Э.В.***
к.п.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОМПЛЕКСА ГТО И АНАЛОГИЧНЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМ ТЕСТИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ

Аннотация. В статье приведен анализ-сравнение российского комплекса ГТО с такими зарубежными аналогами, как американская Presidential Youth Fitness Program и немецкий Sportabzeichen. Социологический опрос указал на главные проблемы российского комплекса: низкий уровень участия, превалирование внешней мотивации у молодежи и наличие барьеров, связанных с возрастом. Предложена гибридная модель модернизации ГТО, которая сочетает в себе традиционные испытания, систему стимула личного прогресса, цифровизацию и различный подход к разным поколениям.

Ключевые слова: ГТО; физическая подготовленность; PYFP; Sportabzeichen; испытания; мотивация; здоровье населения.

В нынешних условиях, связанных с ухудшением здоровья нации и снижением уровня физической активности людей, эволюция государственных программ в сфере физкультуры приобретает стратегическую значимость. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне» (ГТО), являясь улучшенной советской практикой, является важным средством улучшения здоровья населения через регулярные занятия физической культурой. Несомненно, регулярные занятия спортом оказывают положительное влияние на работу дыхания, кровообращения, пищеварения и ряд других жизненно важных органов [2]. Исторический опыт доказывает результативность комплексного подхода к физическому воспитанию.

Комплекс ГТО в СССР имел четкую военно-прикладную и идеологическую направленность и был направлен на подготовку населения к труду и обороне. Выполнение испытаний ГТО было делом престижа, а значкисты являлись примером для подражания. Данный комплекс охватывал население возрастом от 10 до 60 лет. В настоящее время возрастные рамки увеличены, сдать нормативы может каждый в возрасте от 7 до 70 лет и старше [1, с. 170].

В современной России комплекс возродили в 2014 году. Его регулирует федеральный закон «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» (ст. 31.1). Требования комплекса ГТО устанавливаются по трем уровням сложности, соответствующим золотому, серебряному или бронзовому знаку отличия комплекса ГТО, образец и описание которого, форма бланка удостоверения к которому утверждаются федеральным органом исполнительной власти в области физической культуры и спорта [3].

Важный мотивационный элемент – льготы для обладателей знаков ГТО. Согласно приказу Минобрнауки РФ, школьникам, поступающим в ВУЗ, предоставляется возможность получить дополнительные баллы, а в отдельных регионах баллы, полученные благодаря ГТО, можно обменять на билеты в музеи, сертификаты в магазины или другие призы.

Сравнительный анализ ГТО СССР и ГТО России приведен в таблице 1.

За формальными изменениями в структуре и испытаниях стоят фундаментальные различия в подходах. Изначально ГТО был нацелен на подготовку физически крепких и выносливых граждан, готовых к военной службе и труду. Современный комплекс декларирует целью оздоровление нации, что соответствует общемировому тренду. Высокая популярность в СССР обеспечивалась интеграцией программы в общественную и идеологическую систему. Современный комплекс столкнулся с «мотивационным кризисом»: для молодежи он стал инструментом получения баллов для поступления, а не внутренней ценностью. Это объясняет более низкий процент участия по сравнению с советской эпохой.

Таблица 1

Сравнительный анализ ГТО СССР и ГТО России

Критерий	ГТО в СССР (1931–1991 гг.)	ГТО в России (с 2014 г.)
Исторический контекст и цели	Подготовка населения к труду и обороне государства, военно-прикладная направленность.	Укрепление здоровья нации, популяризация массового спорта и здорового образа жизни.
Структура и испытания	Менялась. На пике развития: 5-6 ступеней, от 10 до 60+ лет. Широкий выбор дисциплин, включая лазание по канату, метание гранаты, стрельбу, турпоходы.	18 ступеней, охватывающих население от 6 до 70+ лет. Упор на базовые упражнения (бег, прыжки, подтягивания, наклоны).
Мотивация и льготы	Идеологическая и общественная: знак ГТО был предметом престижа, важен для морального поощрения.	Материальная и академическая: дополнительные баллы к ЕГЭ, повышенная стипендия, премии от работодателей, налоговый вычет (с 2025 г.).
Популярность и охват	На 1976 год – 220 млн награжденных; в 1986-м нормативы сдали 33,9 млн человек.	Значительно меньший охват. В современном комплексе участвовало более 23 млн человек, из них испытания выполнили около 11 млн.

Сравнение показывает, что современный комплекс ГТО унаследовал от советского предшественника общую идею, но фундаментально изменил суть. Он трансформировался из идеологического инструмента для подготовки к труду и обороне в прагматичный инструмент мотивации к здоровому образу жизни через систему материальных и академических бонусов. Именно в этой смене философии и мотивации кроется основная причина разницы в массовости и восприятии программы.

Сейчас ГТО базируется на философии унификации и стандартизации физической подготовки, где центральным элементом является выполнение единых испытаний, дифференцированных по полу и возрастным группам (ступеням). Участник, успешно сдавший испытания, получает знак отличия – золотой, серебряный или бронзовый. Этот подход имеет глубокие исторические корни и ясные преимущества. Он обеспечивает прозрачность и позволяет проводить массовый мониторинг физической формы населения, однако мотивация участников носит внешний и соревновательный характер.

На международной арене существуют успешные аналоги ГТО – американская программа PYFP и немецкий Sportabzeichen.

Американская программа PYFP – добровольная школьная инициатива, представляющая новый подход к физвоспитанию и сменившая в 2012 году «Президентский тест». Их ключевое отличие – в переходе от анализа достижений в спорте и сравнения детей к оценке здоровья и помощи учащимся в установлении личных целей для сохранения активного образа жизни. Программа пользуется системой FITNESSGRAM®, которая даёт учителям доступ к ресурсам для инклюзивного обучения, и является элементом общенациональной инициативы по ежедневной физической деятельности обучающихся в школе.

В противоположность ГТО, американская программа PYFP сделала осознанный переход от оценки спортивных достижений к оценке здоровья. Вместо фиксированных испытаний программа использует концепцию «Зон здорового фитнеса» (Healthy Fitness Zones). Задача школьника – улучшить собственные показатели для достижения или поддержания здорового уровня. Таким образом, философия PYFP основана на внутренней мотивации и личной ответственности за своё здоровье.

Немецкий спортивный значок (Deutsches Sportabzeichen) – одна из самых успешных и долговечных европейских систем, существующая с 1913 года. Эта государственная награда ежегодно мотивирует сотни тысяч немцев всех возрастов. Её философия основана на трёх принципах:

всестороннее развитие через оценку четырех ключевых навыков (выносливость, сила, быстрота, координация), инклюзивность под лозунгом «Спорт для всех», и гибкость – участники могут выбирать дисциплины по своим сильным сторонам. Программу обеспечивают более 60,000 сертифицированных судей по всей стране, делая её доступной в любом регионе.

Испытания Sportabzeichen дифференцированы по 16 возрастным группам с учётом пола и возможностей каждой категории. Уникальная балльная система (1 балл за бронзу, 2 – за серебро, 3 – за золото) позволяет гибко определять итоговый уровень награды: для золотого знака требуется 11–12 баллов. Это значит, что более слабый результат в одном виде можно компенсировать успехами в других. Такой подход поощряет разностороннее развитие и фокусируется на личном прогрессе.

Современное развитие системы характеризуется активной цифровизацией. Платформа Sportabzeichen-Digital и приложение Splink упрощают процесс для участников и организаторов. Масштабные мероприятия, такие как Sportabzeichen-Tour в нескольких городах, и создание клубов для тренировок Sportabzeichen-Treffs формируют спортивное сообщество и поддерживают интерес, ежегодно вовлекая более 560 000 человек.

Немецкий Sportabzeichen представляет собой гибридный подход, ориентированный на личный прогресс. Сохраняя систему испытаний по возрастам и полу, он предоставляет участникам широкую свободу выбора. Для демонстрации одного и того же физического качества, например, выносливости, он может выбрать бег, плавание, велоспорт или нордическую ходьбу. Это позволяет подобрать траекторию, исходя из своих предпочтений и сильных сторон, что делает процесс более персонализированным.

Сравнительный анализ систем тестирования физической подготовленности приведен в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительный анализ систем тестирования физической подготовленности

Критерий	Россия (ГТО)	США (PYFP)	Германия (Sportabzeichen)
Основная философия	Стандартизация, подготовка к труду и обороне (исторически), оздоровление (современно)	Оценка здоровья, личное улучшение, формирование привычки к ЗОЖ	Всестороннее развитие, инклюзивность («Спорт для всех»), личный прогресс
Ключевая мотивация	Внешняя (баллы в вузы, стипендии, призы)	Внутренняя (достижение «Зон здорового фитнеса», личная ответственность)	Внутренняя и внешняя (государственная награда, гибкая система достижений)
Подход к выполнению испытаний	Жесткие, единые испытания для каждой возрастно-половой группы. Цель – выполнить установленный стандарт.	Концепция «Зон здорового фитнеса» (Healthy Fitness Zones). Цель – достичь/поддерживать здоровый уровень.	Широкий выбор дисциплин для демонстрации качества. Гибкая балльная система. Цель – набрать нужную сумму баллов.
Оценка результата	Бинарная («сдал/не сдал») по фиксированным испытаниям. Личный прогресс не учитывается.	Ориентация на попадание в «зону здоровья». Ценится улучшение личных показателей.	Сумма баллов от 1 до 3 за каждый вид. Позволяет компенсировать слабый результат в одном виде успехом в другом.
Инклюзивность	Низкая. Жесткие испытания создают барьеры для людей с низкой подготовкой или ограничениями по здоровью.	Высокая. Фокус на личном прогрессе относительно себя, а не на сравнении с другими.	Высокая. Широкий выбор дисциплин и гибкая система начисления награды.

Окончание таблицы 2

Критерий	Россия (ГТО)	США (PYFP)	Германия (Sportabzeichen)
Цифровизация	Развивается, но недостаточно интегрирована в процесс.	Используется система FITNESSGRAM® для учителей и отслеживания прогресса.	Высокая. Приложение Splink, платформа Sportabzeichen-Digital, упрощающие регистрацию и учет.
Охват и вовлечение	Наибольшая активность среди молодежи (из-за бонусов). Низкий охват взрослых и пожилых.	Школьная программа, интегрированная в образование.	Массовость всех возрастов (более 560 000 человек ежегодно), клубы, турне.

Ориентация на личный прогресс, как в PYFP и Sportabzeichen, более инклюзивна. Она ценит усилие и улучшение относительно себя, а не относительно других, формируя позитивное отношение к физкультуре как к инструменту саморазвития. Такой подход способствует формированию устойчивой привычки к занятиям спортом на протяжении всей жизни, что в конечном счёте больше соответствует стратегической цели улучшения здоровья нации.

Нормативная модель ГТО эффективно выявляет физически одаренных людей, но может создавать психологические барьеры для тех, у кого низкие исходные данные. Стоит отметить, если не сдан хотя бы один из основных нормативов, все остальные показатели не засчитываются, и кандидат к дальнейшей сдаче не допускается [4, с. 42]. В результате такие участники могут выпадать из системы, не получая признания своего прогресса.

Несмотря на успехи в популяризации физкультуры, ГТО сталкивается с вызовами. Ключевой из них, как мы уже подчеркнули, это риск чрезмерной стандартизации. Жёсткие испытания создают психологический барьер для людей с низкой подготовкой или хроническими заболеваниями, для которых попытка сдачи сопряжена со страхом неудачи. Это может привести к полной демотивации. Другое следствие – ориентация на финальный результат в ущерб ценности личного прогресса. Участник, значительно улучшивший показатели, но не дотянувший до норматива, формально считается не сдавшим комплекс. Такой подход игнорирует мощный мотивационный фактор – осознание личного роста и преодоления собственных слабостей.

Для повышения эффективности и инклюзивности комплексу ГТО целесообразно перенять международный опыт, сместив акцент со спортивных результатов на здоровье и саморазвитие. Ценностью должна стать не только выполнение испытаний, но и регулярная активность, а также документально подтвержденный личный прогресс. Кроме того, включение в программу образовательных модулей о здоровом питании, управлении стрессом и важности восстановления преобразовало бы ГТО из системы тестирования в комплексную программу сопровождения здоровья. Это значительно повысило бы привлекательность комплекса для широких слоёв населения. Для повышения инклюзивности ГТО можно дополнить его системой «Знака личного достижения», присуждаемого за значительный прогресс независимо от абсолютных результатов. Это сохранит соревновательность для подготовленных граждан и создаст стимул для начинающих.

Мы провели целевой опрос 125 респондентов трех возрастных групп: молодежь (14-22 года), взрослые (23-45 лет) и старшее поколение (46-70+ лет). Данные выявили как общие тенденции, так и существенные различия в восприятии комплекса между поколениями.

Общий уровень участия в сдаче норм ГТО остается невысоким – 30 %, при этом наибольшая активность сконцентрирована в группе 14-22 года, что связано с ключевым мотивирующим фактором – дополнительными баллами при поступлении в вуз (60 %). Для этой категории значимы также надбавка к стипендии (40 %) и материальное поощрение от работодателя (55 %), что говорит о ярко выраженном инструментальном отношении к ГТО. Внутренние мотивы – проверка сил (45 %) и улучшение здоровья (35 %) – присутствуют, но часто носят вторичный характер.

В группе 23-45 лет ключевыми мотивами выступают материальные стимулы и забота о здоровье, однако главным барьером становится нехватка времени и сложности совмещения с работой и семьёй – эту проблему отметили около 70 % респондентов.

Старшая группа (46-70+ лет) оказалась наименее вовлечённой. Несмотря на интерес к поддержанию формы, этих респондентов останавливают неуверенность в силах, страх перед выполнением испытаний и отсутствие адаптированных программ поддержки.

На основе анализа мы предлагаем следующие рекомендации по модернизации ГТО:

● Для аудитории 14-22 лет необходимо сохранить академические бонусы, но сместить акцент на ценность здоровья и саморазвития, используя формат челленджей и командных соревнований.

● Для взрослой аудитории (23-45 лет) критически важны гибкость и интеграция в рабочий график через корпоративные программы, партнерства с работодателями для предоставления премий, отгулов и внедрение семейных форматов сдачи испытаний.

● Для старшего поколения (46-70+) ключевым направлением должна стать демедикализация комплекса: смещение акцента с выполнения испытаний на оздоровительные практики, создание адаптированных групп поддержки, включение популярных видов активности (скандинавская ходьба, плавание) и позиционирование ГТО как центра социальной активности.

Ключевым направлением развития комплекса ГТО должен стать синтез традиционных нормативных основ с современными персонализированными подходами. Нормативная база, унаследованная от советского периода, обеспечивает четкие и универсальные критерии, создавая объективный инструмент для оценки физической подготовленности в масштабах страны. Эти стандарты задают общий ориентир и формируют здоровую соревновательную атмосферу. Однако опора исключительно на жесткие испытания ограничивает потенциал комплекса. Для создания по-настоящему массовой и устойчивой системы необходимо обогатить её принципами персонализации, заимствованными из современных международных практик в области фитнеса и общественного здоровья.

Проведенное нами исследование выявило системный запрос на трансформацию ГТО. Для молодежи комплекс остается инструментом получения академических баллов, подтверждая утилитарное восприятие. Взрослые сталкиваются с барьером нехватки времени и негибкостью формата, а старшее поколение – с неуверенностью в силах и не адаптированностью испытаний. Именно эти группы, мотивированные здоровьем и социальной вовлеченностью, а не спортивными рекордами, сегодня выпадают из системы. Их могла бы привлечь модель, ценящая не только абсолютный результат, но и личный прогресс.

Синтез универсального и персонального подходов – наиболее перспективный путь развития ГТО. В такой гибридной модели традиционные знаки отличия сохраняются как престижная цель для подготовленных граждан, поддерживая соревновательный дух. Параллельно вводится система поощрения «за личный прогресс», где отмечается не абсолютный результат, а положительная динамика конкретного человека. Это позволяет вовлечь в орбиту ГТО тех, кто далек от спортивных стандартов, но готов работать над улучшением собственного физического состояния.

Успешная модернизация комплекса кардинально повысит его привлекательность для всех возрастных групп. Молодежь оценит цифровые и игровые форматы, акцент на личные рекорды и возможность делиться достижениями в соцсетях. Для людей среднего и старшего возраста исчезнет психологический барьер в виде страха неудачи, а на первый план выйдет забота о здоровье и долголетии. Комплекс превратится из теста на силу и выносливость в персонального помощника и тренера, сопровождающего человека на протяжении всей жизни.

В заключение, подчеркнем основные выводы, сделанные на основе сравнительного анализа и объемного социального исследования:

1. Международный опыт показывает переход от стандартизации к парадигме здоровья и личного прогресса. Ориентация ГТО на унифицированные испытания создает барьеры для людей с низкой подготовкой, хроническими заболеваниями или нехваткой времени.

2. Оптимальный путь модернизации – синтез традиционных испытаний с персонализированным подходом.

3. Цифровизация может существенно помочь в реализации этой модели: мобильное приложение с трекером активности, дневником прогресса и упрощённой регистрацией повысит доступность комплекса.

4. В долгосрочной перспективе ГТО должен эволюционировать от системы тестирования к многофункциональной платформе сопровождения здоровья, интегрирующей образовательные модули (здоровое питание, ментальное благополучие), клубное сообщество и партнерскую сеть спортивных объектов, работодателей и медицинских учреждений.

Таким образом, стратегическая модернизация комплекса ГТО на принципах гибкости, инклюзивности и ориентации на личный прогресс позволит трансформировать его из инструмента контроля физической подготовленности в действенный национальный институт, сопровождающий человека на всех этапах жизни и вносящий реальный вклад в укрепление здоровья нации.

Список литературы

1. Мартиросова Т.А., Соловьева И.В. Возрождение системы ВФСК ГТО в России // Инновационная наука. – 2018. – № 11. – С. 168-171.

2. Сафонова О.А., Келбинская А.А., Шевцова А.Е. Отношение студентов технического вуза к сдаче нормативов ГТО // Символ науки. – 2017. – № 4. – С. 181-185.

3. Федеральный закон от 04.12.2007 N 329-ФЗ (ред. от 24.06.2025) «О физической культуре и спорте в Российской Федерации».

4. Фурсов А.В., Синявский Н.И., Герега Н.Н., Кизаев О.Н. Отношение студентов к возрождению ВФСК ГТО // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2018. – № 1. – С. 41-44.

Фазлиева Н.М.
студент,
fnarkiza@inbox.ru
Научный руководитель: ***Тимофеев М.В.***
к.п.н., доцент,
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова
Россия, Чебоксары

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ РИСКОВ ДЛЯ ПОЗВОНОЧНИКА В СИЛОВЫХ, ЦИКЛИЧЕСКИХ И ИГРОВЫХ ВИДАХ СПОРТА И ОСНОВЫ ИХ ПРОФИЛАКТИКИ

Аннотация. В исследовании проверялась связь спортивной специализации с рисками травм позвоночника. Анкетирование девяноста спортсменов силовых, циклических и игровых видов спорта показало высокую распространённость болей в спине (91,1 %) и их локализацию в зависимости от вида спорта: у спортсменов силовых видов спорта – в пояснице (93 %), у спортсменов циклических видов спорта – в шейно-грудном отделе (76 %), у спортсменов игровых видов спорта – преимущественно в пояснично-крестцовой области (48 %). Профилактические меры наиболее системны у силовиков, тогда как в других группах носят эпизодический характер. Полученные данные сопоставлены с теоретическими моделями рисков, что подтвердило их специфичность и указывает на необходимость целевых профилактических программ.

Ключевые слова: позвоночник, биомеханика, спортивный травматизм, виды спорта, мышечный корсет.

Введение

Позвоночник, являясь центральной осью и опорой тела, в спорте подвергается значительным механическим нагрузкам. Характер этих нагрузок кардинально различается в зависимости от спортивной дисциплины, что определяет специфику возникающих рисков – от острых травм до хронических дегенеративных изменений. Понимание биомеханических особенностей каждого вида спорта – основа для разработки эффективных профилактических программ, направленных на сохранение здоровья спортсмена и продление его карьеры [1].

Цель исследования. Выявление связи между спортивной специализацией и рисками травм позвоночника, а также практикой их профилактики.

Задачи:

1. На основе анализа научной литературы описать биомеханические риски повреждений позвоночника в силовых, циклических и игровых видах спорта.
2. Эмпирически (с помощью анкетирования) определить распространённость и локализацию болевого синдрома у спортсменов разных специализаций.
3. Выявить и сравнить практику применения профилактических мер в трёх группах спортсменов.
4. Сопоставить теоретические модели рисков с реальными данными о болях и профилактике.

Методы исследования. Теоретический анализ научной литературы, выборочное анкетирование, целевая выборка, анализ полученных данных.

Результаты. Риски специфичны и зависят от вида спорта: у представителей силовых видов спорта – компрессия дисков, у представителей циклических видов спорта – хронические микротравмы, у представителей игровых видов спорта – острые и ротационные травмы. Профилактика должна быть направленной: для представителей силовых видов спорта – техника и стабильность кора, для представителей циклических видов спорта – коррекция дисбалансов, для представителей игровых видов спорта – контроль и правильное приземление.

Биомеханические риски и профилактика по видам спорта. Силовые виды (тяжёлая атлетика, пауэрлифтинг):

Риски: Чрезвычайные осевые и сдвигающие нагрузки на поясничный отдел. Высокий риск грыж дисков, повреждений суставов и хронического мышечного гипертонуса.

Профилактика: Идеальная техника с нейтральной спиной, укрепление глубоких мышц кора и развитие мобильности тазобедренных суставов [2].

Циклические виды (гребля, плавание, бег):

Риски: Кумулятивные повреждения от многократных повторений: стресс-переломы у гребцов, гипермобильность и боль у пловцов, вибрационная нагрузка у бегунов.

Профилактика: Коррекция техники, устранение мышечных дисбалансов, укрепление мышц-стабилизаторов, перекрёстные тренировки.

Игровые виды (футбол, баскетбол, волейбол):

Риски: Острые комбинированные травмы: хлыстовые повреждения, ударная компрессия от прыжков, ротационные перегрузки, асимметрия.

Профилактика: Тренировка нейромышечного контроля и безопасного приземления, плиометрика, предсезонная подготовка кора, компенсация асимметрии [5].

Для проверки теоретических данных на практике о специфике биомеханических рисков повреждений позвоночника у спортсменов разной специализации было проведено выборочное анкетирование у студентов, посещающих спортивные секции Чувашского государственного университета.

Методы и организация.

Была разработана структурированная анонимная анкета, состоящая из 18 вопросов, сгруппированных в три блока:

1. спортивный профиль и тренировочная нагрузка;
2. характеристика болевых ощущений (локализация, интенсивность, связь с нагрузкой);
3. практика профилактики и реабилитации.

Выборка формировалась целенаправленно для охвата трех целевых групп спортсменов университетского уровня, активно тренирующихся не менее 5 раз в неделю. В каждой группе было по 30 респондентов:

- Группа 1 (силовые виды: пауэрлифтинг, тяжелая атлетика);
- Группа 2 (циклические виды: плавание);
- Группа 3 (игровые/скоростно-силовые виды: волейбол, баскетбол).

Общий объем выборки составил 90 человек (52 мужчины, 38 женщин) в возрасте 19-23 лет. Обработка данных проводилась методами количественного и сравнительного качественного анализа.

Результаты и их анализ.

1. Распространенность и локализация болевых ощущений.

Подавляющее большинство опрошенных – 91,1 % (82 из 90 человек) – сообщили о наличии дискомфорта или боли в спине, связанной со спортивной деятельностью, в течение последнего года. Распределение основной локализации боли четко соответствовало спортивной специализации.

Спортсмены силовых видов (28 из 30 в этой группе жаловались на боль) в 93 % случаев указывали на поясничный отдел как на основную проблемную зону. В качественных ответах они напрямую связывали это с выполнением базовых упражнений: «острая боль при сбое техники в становой тяге», «чувство сильной компрессии в пояснице после тяжелых приседов».

Спортсмены циклических видов (29 из 30 с жалобами) в 76 % случаев отмечали хроническую боль и скованность в шейном и грудном отделах. Пловцы-брассисты описывали ее как следствие длительного удержания гиперэкстензированной позы.

Спортсмены игровых видов (25 из 30 с жалобами) демонстрировали менее четкую локализацию, но 48 % из них выделяли пояснично-крестцовую область, описывая «разлитую» боль, обостряющуюся после серий прыжков или резких ударов.

2. Практика профилактики.

Анализ выявил существенные межгрупповые различия в системности и осознанности профилактических практик.

Спортсмены силовых видов продемонстрировали наиболее комплексный и осознанный подход: 93 % из них целенаправленно выполняют упражнения на стабилизацию мышц кора, 90 % – регулярную растяжку и мобилизацию позвоночника, а 80 % используют массажные роллы для самостоятельного массажа. Профилактика для них является неотъемлемой частью тренировочного процесса, необходимым условием работы с большими весами.

Спортсмены циклических видов, хотя и активно практикуют общую растяжку (83 %), значительно реже уделяют внимание целенаправленной стабилизации позвоночника (только 27 %). При этом 20 % спортсменов этой группы признали отсутствие какой-либо системной профилактики.

Спортсмены игровых видов показали наименьшую вовлеченность в специализированную профилактику. Только 37 % выполняют упражнения на стабилизацию кора, а 30 % вообще не практикуют никаких системных мер, ограничиваясь общей разминкой и заминкой.

Обсуждение результатов.

Полученные данные на расширенной выборке убедительно подтверждают теоретические выводы о специфичности биомеханических рисков. Выявлена ярко выраженная связь между спортивной специализацией и основной локализацией болевого синдрома, что напрямую соответствует типу доминирующей нагрузки.

Крайне важным представляется выявленная обратная корреляция между очевидностью острого травматического риска и системностью профилактики. В силовых видах, где нарушение техники грозит немедленной травмой, профилактика стала частью тренировочной культуры. В циклических и, особенно, игровых видах, где повреждения носят кумулятивный, «накопительный» характер, целенаправленной профилактике уделяется значительно меньше внимания, что создает почву для развития хронических патологий в долгосрочной перспективе.

Таким образом, исследование подтверждает данные о специализированном характере рисков, указывает на необходимость разработки и внедрения целевых образовательных и профилактических программ для спортсменов обследованных групп, направленных на повышение осведомленности и формирование устойчивых навыков заботы о здоровье позвоночника.

Выводы

1. Теоретический анализ показал, что биомеханические риски для позвоночника специфичны в зависимости от вида спорта: у представителей силовых видов спорта преобладают компрессионно-сдвиговые нагрузки (поясничный отдел), у представителей циклических видов спорта (на примере пловцов) – кумулятивные микротравмы и гипермобильность (шейно-грудной отдел), у представителей игровых видов спорта – острые ротационные и ударные перегрузки (пояснично-крестцовая зона).

2. Результаты анкетирования (n=90, 91,1 % с жалобами) подтвердили теоретические положения: у 93 % (силовые виды спорта) боль локализована в пояснице, у 76 % (циклические виды спорта) – в шейно-грудном отделе, у 48 % (игровые виды спорта) наиболее часто отмечается пояснично-крестцовая область, однако локализация в этой группе менее чёткая.

3. Анализ профилактических практик выявил существенные различия: спортсмены силовых видов спорта демонстрируют наиболее системный подход (93 % – стабилизация кора, 90 % – растяжка), тогда как среди спортсмены циклических видов спорта только 27 % уделяют внимание целенаправленной стабилизации, а 30 % спортсменов игровых видов спорта вообще не используют системной профилактики.

4. Сопоставление теории и практики показало их высокую согласованность: там, где теоретически предсказываются высокие риски, наблюдается соответствующая локализация боли. Однако выявлен парадокс: в группах с менее очевидным острым травматизмом (вторая и третья группы) профилактика менее системна, что противоречит необходимости предупреждения хронических кумулятивных повреждений. В связи с этим требуется разработка специализированных профилактических программ для спортсменов циклических и игровых видов.

Список литературы

1. Алексеев, С. В. Спортивная медицина: руководство / С. В. Алексеев, В. А. Левандо. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 768 с.
2. Дубровский, В. И. Биомеханика: учебник для студентов средних и высших учебных заведений по физической культуре / В. И. Дубровский, В. Н. Федорова; В. И. Дубровский, В. Н. Федорова. – 3-е изд.. – Москва: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2008. – 669 с. – (Учебник для вузов: УВ).
3. Сергеев, К. С. Профилактика травматизма в тяжелой атлетике: методическое пособие / К. С. Сергеев. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2018. – 67 с.
4. Петров, А. Н. Коррекция мышечного дисбаланса как основа профилактики перенапряжения позвоночника у бегунов на длинные дистанции / А. Н. Петров // Вестник спортивной науки. – 2022. – № 1. – С. 18–24.
5. Попов, Г. И. Биомеханика двигательной деятельности: учебник / Г. И. Попов, А. В. Самсонова. – Москва: Академия, 2020. – 320 с.

Ковалева С.Д.
студент,
sofya.kovaleva0700@mail.ru
Научный руководитель: ***Семикина Ю.Г.***
к.фил.н., доцент,
Волгоградский институт управления − филиал РАНХиГС,
Россия, Волгоград
semikinajulia@yandex.ru

ПРАВОВОЕ ПОЛОЖЕНИЕ РОССИЙСКИХ СПОРТСМЕНОК

Аннотация. В статье рассматриваются действующие нормативно-правовые акты, регулирующие трудовые отношения и социальную защиту. Анализируется нормы права, касающиеся применения правовых механизмов в профессиональном и любительском спорте,

включая особенности контрактных отношений, сохранения спортивных званий, выход из декрета и сохранение мест в сборных. Особое внимание уделено равенству возможностей, предотвращению дискриминации и обеспечению безопасности.

Ключевые слова: спортсменка; законодательство; правовые нормы; спорт; женщина; статья правое положение.

На протяжении таких исторических периодов, как новое и новейшее время женщины боролись за свое право не быть «вторым» полом. XX век был эпохой постоянной борьбы за право женщин участвовать в спортивных состязаниях, и Олимпийские игры стали особенным пунктом для всех будущих и начинающих спортсменок. В силу устоявшихся и биологически обоснованных представлениях о физиологических различиях между полами и там, где допускались женщины, их соревнования проводились отдельно от мужских. Такое решение, действительно, справедливо и правдиво для всех мужчин и женщин. На протяжении долгого времени ряд видов спорта был для них закрыт – отражение патриархальных установок о «природном» месте женщины в обществе. Особенно это проявлялось в дисциплинах, связанных с выносливостью и силой, которые считались «неподходящими» для женщин по биологическим аргументам и сложившихся стереотипах. Тем не менее с течением времени идея равноправия укреплялась, что видно на примере современной международной практики и истории. Эта идея стала распространятся и на спорт [1].

Степень развития женского спорта в разных странах во многом определяется юридическим положением женщин в обществе и характером социальных институтов. Между долей участия представительниц женского пола в соревнованиях, их результатами на Олимпиадах и общим социальным статусом наблюдаются определённые несоответствия. Возникает всё больше мнений о том, что пределы возможностей женщин задаются не столько биологией и физиологией, сколько культурой, воспитанием и менталитетом той или иной страны. Отталкиваясь от этого, женщины формируют свою миропонимание и осознанность в обществе, в том числе и в сфере спорта и физической активности.

Сегодня число женских дисциплин в олимпийской программе неуклонно растёт. С каждым десятилетием прекрасные и целеустремленные дамы осваивают новые виды спорта, ранее считавшиеся исключительно мужскими – бокс, борьба, тяжёлая атлетика, футбол, хоккей и другие. Параллельно увеличивается интерес зрителей к женскому спорту, а средства массовой информации охотнее его освещают. На текущий момент задаётся множество трендов, которые освещают спортивный путь многих спортсменок. Например, Арина Соболенко, Мирра Андреева, Евгения Медведева, Александра Трусова, Софья Федорова, Алина Загитова, Алина Кабаева и так далее. Эти спортсменки популяризируют женский спорт в медийном пространстве. Множество девочек глядя на них также мечтаю завоевать трофеи и посвятить свою жизнь спорту. Помимо этого, они выдают потрясающие результаты и в спортивном пространстве. Также следует учитывать победы и заслуги спортсменок советского периода. С одной стороны, это свидетельствует о значительном продвижении в отношениях между женщинами и спортом: то, что ещё недавно было недоступно, теперь занимает ведущие позиции. С другой – стереотип о «слабом поле» всё ещё сохраняет влияние.

Развитие спорта для женщин – это путь к физическому совершенствованию и преодолению собственных ограничений, а также и эффективный инструмент достижения социальной справедливости и равенства. В спортивном пространстве женщины себя реализуют, приобретают юридические права и обязанности. Вследствие этого, меняется законодательство, которое наполняется правовыми нормами, защищающими положение российской спортсменки [2].

Примеры некоторых правовых норм в российском законодательстве, которые отражают правое положение женщины в спорте. Федеральный закон от 04.12.2007 № 329-ФЗ «О физической культуре и спорте в Российской Федерации» является ключевым нормативным актом, который определяет правовые, организационные и социально-экономические основы спортивной сферы в России [4]. Важно отметить, что закон не разделяет права по гендерному признаку – они сформулированы единообразно для мужчин и женщин. Нормативно-правой акт основателя на принципе равенства прав всех граждан. В тексте закона нет разделения на «мужские» и «женские» права – все формулировки нейтральны. Закон гарантирует каждому

гражданину право свободно выбирать вид спорта и заниматься им (Статья 3). Это базовое право на самоопределение в спортивной сфере, которое не может быть ограничено по признаку пола, расы или убеждений. В соответствии с законодательством, ни один вид спорта неограничен для женщин. Будущие спортсменки могут спокойно выбирать любой вид спорта, который официально зарегистрирован в Всероссийском реестре видов спорта или новую разновидность спорта, которая должна пройти процедуру признания и попасть во ВРВС.

В статье 24 прописаны основные права спортсменов, которые являются ярким примером равенства спортсменов. Спортсмены обладают следующими правами: выбор видов спорта; заключение трудовых договоров в порядке, установленном трудовым законодательством; содействие общероссийских спортивных федераций по выбранным видам спорта в защите прав и законных интересов спортсменов в международных спортивных организациях [3]. В российском праве нет «женского спортивного закона» – есть единый стандарт, который запрещает любую дискриминацию по признаку пола при распределении ресурсов, присвоении званий или допуске к соревнованиям. Это показывает, что российская правовая культура и законодательство в области спортивной деятельности отрицают всякую дискриминацию и создают условия для достижения успехов женщинами в спорте. Такая правовая политика приносит плоды и государству, и спортсменкам. Для своей страны чемпионки завоевывают награда, а государство в свою очередь защищает их с правой точки зрения.

В жизни и судьбе спортсменки наступают разные этапы и периоды. Когда женщина готовится стать матерью, она находится в наиболее уязвимом положении. Одновременно трогательный и тяжелый жизненный этап колоссально меняет быт и физическое состояние. Но все-таки женщина не должна ставить крест на своей карьере. Период беременности и ухода за ребенком не должен становиться причиной дискриминации при присвоении спортивных званий или включении в списки сборных. Для этого национальное право можно создавать условия для поддержки своих спортсменок. Российское законодательство создаёт условия, при которых женщина может временно приостановить карьеру ради рождения ребенка, сохранив за собой рабочее место и базовый доход. Спортсменки, как и все женщины, получают стандартные государственные пособия: пособие по беременности и родам (декретные); единовременное пособие при рождении ребенка; ежемесячное пособие по уходу за ребенком до 1,5 лет.

Когда речь заходит о беременных спортсменках, российское законодательство переносит основной акцент с чисто спортивного ФЗ № 329 на Трудовой кодекс РФ, так как профессиональный спорт рассматривается как трудовая деятельность с особыми условиями. Правовой статус беременной спортсменки в России регулируется комплексом нормативно-правовых актов, охватывающих трудовое, спортивное и медицинское законодательство. Для женщин-спортсменок предусмотрен двойной уровень защиты: общие гарантии для всех работающих женщин и специальные нормы для профессионального спорта [4].

Спортсменка имеет право на снижение норм выработки или перевод на другую работу, исключающую воздействие неблагоприятных производственных факторов. В контексте спорта это означает: освобождение от интенсивных тренировок, прыжков, спаррингов и соревнований; сохранение среднего заработка по прежней работе; до тех пор, пока подходящая «легкая» вакансия не предоставлена, спортсменка освобождается от работы с сохранением среднего заработка за счет работодателя.

Статья 261 ТК РФ – это норма наиболее ярко показывает, что работодатель не может уволить беременную спортсменку по своей инициативе, за исключением случая полной ликвидации организации. Если срок трудового договора истекает во время беременности, клуб обязан продлить его до окончания беременности.

Для спортивной деятельности постоянные сборы и матчи являются основы атрибутам профессии. Однако статья 259 ТК РФ запрещает направлять беременных спортсменок в служебные командировки, привлекать их к работе в ночное время, сверхурочно, в выходные и праздничные дни [3]. Также женщины, имеющие детей до 3 лет, могут направляться в командировки только с их письменного согласия и при условии, что это не запрещено им врачами.

Если спортсменка решает вернуться к тренировкам вскоре после родов, ей, помимо перерыва на отдых и питания, должны предоставляться дополнительные перерывы для кормления ребенка, не реже чем через каждые 3 часа, продолжительностью не менее 30 минут

каждый. Эти перерывы включаются в рабочее время и оплачиваются. Это регулирует статья 258 ТК РФ.

После тяжелого и напряженного периода беременности чемпионки просто так не могут лишится своего звания. Эту ситуацию также регулирует законодательство Российской Федерации. Опять возвращаясь к ФЗ-329, стоит отметить, что здесь закон максимально строго и справедливо касается этого вопроса. Хотя ФЗ напрямую не регулирует «заморозку» мест, уставы многих спортивных федераций (например, в теннисе или легкой атлетике) предусматривают механизмы защиты [4]. Заморозка рейтинга дает возможность вернуться в тур или на соревнования после декрета, используя «защищенный рейтинг». Что касается места в сборной, то во многих видах спорта предусмотрено сохранение места в списках кандидатов в спортивные сборные команды на период декретного отпуска при условии, что женщина предоставляет подтверждения квалификации до беременности.

Российское законодательство стоит на стороне женщины-спортсменки, дает ей определенные права и обязанности. Оно разрешает каверзные и трудные ситуации на принципах равенства и справедливости. Конечно же, законодательство любой страны требует совершенствования, поэтому важно придерживаться антидискриминационной политики и защищать права своих спортсменок.

Российские женщины-спортсменки работают в правовом поле, которое опирается на общие принципы трудового, гражданского и спортивного права, но и существенно регулируется спецификой спортивной деятельности и государственной поддержки. В современном российском правовом контексте женский спорт оформляется через сочетание трех взаимосвязанных уровней: трудовое правовое поле (трудовые договоры, гарантийная защита в условиях спортивной занятости, охрана труда и медицинское обеспечение), спортивно-правовые нормы (регламентация участия в соревнованиях, антикоррупционные и антидопинговые требования, лицензирование спортивных федераций) и социальные механизмы государственной поддержки (финансирование, инфраструктура, программы подготовки и олимпийские подготовки).

Женщины имеют право на занятие профессиональным спортом наравне с мужчинами, на заключение трудовых договоров и трудовую защиту, включая гарантии по оплате труда, охране здоровья и зарплате во время тренировок и соревнований. В правовом поле учитываются особенности материнства и ухода за ребенком: декретный отпуск, сохранение рабочего места, возможность совмещения спортивной карьеры с семейной жизнью. Однако реально реализовать эти принципы нередко затрудняет ограниченность финансирования и недостаточная инфраструктура для подготовки женских команд и отдельных спортсменок, особенно на региональном уровне.

В стране действует система федераций и союзов, которые устанавливают правила допуска, квалификационные требования, порядок отбора спортсменок на соревнования и распределение спортивной и академической поддержки. Важную роль играет государственное агентирование в подготовке резервов, в том числе через спортивные школы и академии, федеральные программы поддержки талантов, участие в международных чемпионатах и олимпийских проектах. При этом существенные полномочия остаются у федераций на уровне лицензирования, контроля за соблюдением правил и дисциплинарных мер, что создаёт двойственную динамику: государство обеспечивает ресурсы и регламентирует базовые стандарты, а федерации – оперативно управляют подготовкой и спортивной карьерой.

Для женского спорта применяются общефедеральные требования к противодействию коррупции и к честности соревнований, а также специфические регламенты по борьбе с допингом. Этические и правовые нормы охватывают вопросы спонсорства, контрактов, финансовой прозрачности и защиты прав спортсменок в медийном и коммерческом пространстве. Важную роль играет защита прав интеллектуальной собственности (образ, бренд спортсменки, право на использование имени и имиджа) и борьба с домогательствами и дискриминацией в спортивной среде.

Государственные программы направлены на расширение доступности тренировочной инфраструктуры, обеспечение социального пакета для семей спортсменок, содействие в обучении и завершении спортивной карьеры после завершения активной спортивной деятельности. Вызовами остаются гендерный разрыв в финансировании, карьерная неустойчивость и

необходимая адаптация образовательных и тренировочных программ под женские потребности. Равенство возможностей воспроизводится через законодательство о трудовых правах и через практику предоставления равных условий для тренировок, восстановления и участия в соревнованиях.

Для повышения эффективности правового регулирования женского спорта необходимы:

- усиление гарантий трудовых прав женщин-спортсменок, включая гибкость графиков тренировок, защиту от недобросовестной эксплуатации и обеспечение достойной оплаты;
- развитие инфраструктуры и доступности медицинской поддержки, адаптированной под женские потребности во время квалификационной подготовки и беременности;
- совершенствование правового режима по использованию имени и изображения спортсменок;
- систематизация и прозрачность финансирования, расширение программ государственной поддержки и частных спонсоров.

Современная правовая база российского женского спорта формирует прочный каркас для развития таланта и защиты прав спортсменок, но остаются значимые проблемы, требующие системной государственной поддержки и сотрудничества между государством, спортивными федерациями, образовательными учреждениями и частным сектором. Устойчивость и конкурентоспособность женского спорта в России зависят от эффективности реализации правовых норм, разумной финансовой политики и устойчивой инфраструктуры для подготовки, защиты и продвижения спортсменок на международной арене.

Список литературы

1. Антимонова О.Н., Антимонов М.Е., Скачкова И.И., Скачкова А.А., Семикина Ю.Г. К вопросу о роли управления проектами в системе менеджмента в спортивной индустрии // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 12 (138). Текст: электронный // URL: https://research-journal.org/archive/12-138-2023-december/10.23670/IRJ.2023.138.92 (дата обращени: 12.04.25)

2. Никитушкин В.Г. Женский спорт: учебник для вузов/ Москва: Издательство Юрайт, 2026. Текст: электронный // URL: https://urait.ru/bcode/589108 (дата обращения: 13.03.2026).

3. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 29.12.2025, с изм. от 06.02.2026) гл.50 ст. 258, ст. 259, ст. 261.

4. Федеральный закон "О физической культуре и спорте в Российской Федерации" от 04.12.2007 N 329-ФЗ (последняя редакция) гл. 2 ст. 24.

Секция
МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВО

Гильвитинов М.О.
студент
Научный руководитель: ***Чернышихин С.В.***
PhD, доцент,
НИТУ МИСИС,
Россия, Москва
mgilvitinov@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТАЛИ 40Х13, ПОЛУЧЕННОЙ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ЛАЗЕРНОМ ПЛАВЛЕНИИ

Аннотация. В статье рассматривается влияние гомогенизационного отжига на микроструктуру изделий из стали 40Х13, изготовленных методом селективного лазерного плавления (СЛП). Установлено, что в исходном состоянии материал характеризуется преимущественно мартенситной структурой с высокой дисперсностью, которая затрудняет последующую электроэрозионную обработку. После отжига при 1050°С в течение 8 часов формируется однородная структура с равноосными зернами, что открывает возможность для достижения требуемых эксплуатационных свойств экструзионных матриц.

Ключевые слова: селективное лазерное плавление; сталь 40Х13; термическая обработка; гомогенизационный отжиг; микроструктура; мартенсит; экструзионные матрицы; электроэрозионная обработка.

Технологии аддитивного производства металлических изделий в последние десятилетия претерпевают стремительное развитие, занимая всё более значимое место в промышленности [1]. Одним из наиболее перспективных методов является селективное лазерное плавление (СЛП) – технология послойного синтеза деталей сложной геометрии непосредственно из металлического порошка под воздействием сфокусированного лазерного излучения.

Для изготовителей экструзионной оснастки особый интерес представляет применение СЛП при создании экструзионных матриц из стали 40Х13. Внедрение данной аддитивной технологии в производство экструзионных матриц позволяет существенно сократить количество технологических операций, уменьшить объём механической обработки и реализовать геометрически сложные конфигурации каналов охлаждения, недостижимые традиционными методами [2].

Вместе с тем первые опытные образцы экструзионных матриц, изготовленных методом СЛП из стали 40Х13, выявили ряд существенных недостатков. Наиболее критичным из них оказалась невозможность достижения требуемых показателей шероховатости поверхности при последующей электроэрозионной обработке (ЭЭО).

По мнению автора, причиной этого, возможно, являются специфические особенности микроструктуры, формирующейся в процессе СЛП: сверхбыстрая кристаллизация и значительные термические градиенты приводят к образованию неоднородного зеренного строения. Данная структурная особенность непосредственно влияет на характер съёма материала при ЭЭО и, как следствие, на качество финишной поверхности.

В этой связи целью настоящей работы является разработка методики термической обработки (ТО), обеспечивающей формирование оптимальной микроструктуры в изделиях из

стали 40Х13, полученных методом СЛП, а также оценка её влияния на структурные характеристики материала.

Для проведения экспериментального исследования было изготовлено 10 образцов в форме куба со стороной 10 мм из металлопорошковой композиции 40Х13. Синтез образцов осуществлялся на установке ONSINT AM150 при следующих параметрах: мощность лазера P = 300 Вт, скорость сканирования v = 500 мм/с, толщина слоя t = 30 мкм. Данные режимы были выбраны на основании предыдущих работ автора по теме исследования. Все образцы изготавливались в одном производственном цикле с целью исключения межпартийной вариабельности параметров синтеза. Пять образцов были подвергнуты гомогенизационному отжигу в камерной печи с защитной атмосферой (аргон) при температуре 1050°C с выдержкой 8 часов с последующим охлаждением вместе с печью. Температура отжига была выбрана исходя из фазовой диаграммы системы Fe-Cr-C применительно к составу стали 40Х13. Металлографический анализ проводился на поперечных шлифах, приготовленных по стандартной методике: механическая шлифовка на бумагах зернистостью P100–P2000, полировка алмазными суспензиями 6 мкм и 1 мкм. Травление выполнялось реактивом HNO3:HCl:C2H6O в соотношении 1:3:10 для выявления границ зёрен и фазового состава. Микроструктура исследовалась с помощью оптического микроскопа при увеличениях ×50.

В исходном состоянии после СЛП наблюдается преимущественно игольчатая мартенситная структура с пакетной морфологией, отличающаяся высокой дисперсностью (см. рисунок 1). Пакеты мартенсита ориентированы в нескольких направлениях в пределах одного аустенитного зерна, что свидетельствует о быстром, неравновесном характере мартенситного превращения в процессе охлаждения расплавленного металла после воздействия лазерного луча. Следует отметить ярко выраженную анизотропию зеренного строения: зёрна вытянуты вдоль направления роста (направление построения), что обусловлено направленным отводом тепла в ходе синтеза. Характерной особенностью также является наличие контуров расплавных ванн – следов траектории лазерного луча, видимых в виде дугообразных границ между последовательными слоями.

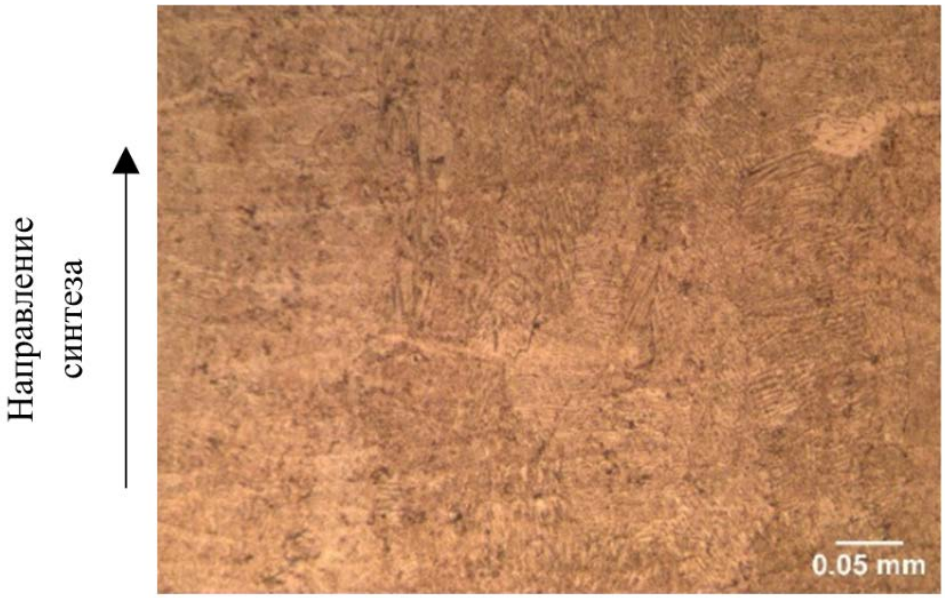


Рис. 1. Микроструктура 40Х13 после СЛП (x50)

После гомогенизационного отжига при 1050°C в течение 8 часов микроструктура образцов претерпевает кардинальные изменения (см. рисунок 2). Формируется однородная структура с равноосными зёрнами и отчётливо выраженными границами. Средний размер зерна после отжига составляет 40–80 мкм, что свидетельствует о полной рекристаллизации и росте зёрен в процессе длительной высокотемпературной выдержки.

Рис. 2. Микроструктура образца после ТО (х50)

Мартенситная структура, характерная для исходного состояния, полностью замещается более равновесной структурой. Контуры расплавных ванн и следы слоистого строения практически не прослеживаются.

Отжиг также обеспечивает гомогенизацию распределения легирующих элементов, в первую очередь хрома и углерода, по объёму материала. Ликвация этих элементов, неизбежно возникающая в условиях быстрой кристаллизации при СЛП, устраняется в ходе диффузионных процессов при высокотемпературной выдержке. Это способствует повышению однородности свойств материала и создаёт предпосылки для стабильного поведения при последующей ЭЭО.

Таким образом, сопоставление результатов металлографического анализа образцов в исходном и термически обработанном состояниях свидетельствует о принципиальной возможности управления микроструктурой СЛП-изделий из стали 40Х13 посредством гомогенизационного отжига. Сформированная после ТО структура характеризуется значительно меньшей анизотропией, более однородным зеренным строением.

С точки зрения технологии ЭЭО, переход от мелкодисперсной мартенситной к крупнозернистой рекристаллизованной структуре должен обеспечить более стабильный и предсказуемый характер эрозии. Однородность микроструктуры позволяет ожидать равномерного съёма материала по площади обрабатываемой поверхности и, как следствие, достижения требуемых показателей шероховатости. Это подтверждается аналогичными результатами, полученными для других мартенситных нержавеющих сталей, прошедших высокотемпературный отжиг перед ЭЭО.

Вместе с тем необходимо учитывать, что гомогенизационный отжиг при 1050°С с последующим медленным охлаждением приводит к снижению твёрдости материала по сравнению с исходным состоянием после СЛП. Для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств экструзионных матриц (твёрдость HRC 52–56) необходима дополнительная термическая обработка – закалка с последующим низкотемпературным отпуском, что должно стать предметом дальнейших исследований.

На основании проведённого исследования сформулированы следующие основные выводы:

– установлено, что в исходном состоянии после СЛП сталь 40Х13 характеризуется преимущественно игольчатой мартенситной структурой с пакетной морфологией и высокой дисперсностью, обусловленной специфическими условиями быстрой кристаллизации при лазерном синтезе Данная структура затрудняет достижение требуемого качества поверхности при ЭЭО;

– показано, что гомогенизационный отжиг при температуре 1050°C с выдержкой 8 часов обеспечивает формирование однородной структуры с равноосными рекристаллизованными зёрнами и отчётливо выраженными границами, а также устраняет анизотропию и снижает уровень остаточных напряжений;

– полученные результаты подтверждают принципиальную возможность управления микроструктурой СЛП-изделий из стали 40Х13 посредством термической обработки с целью достижения требуемых эксплуатационных свойств, в том числе обеспечения стабильных условий электроэрозионной обработки рабочих поверхностей экструзионных матриц.

– разработанная методика термической обработки (гомогенизационный отжиг при 1050°C, 8 часов) рекомендована к применению на промежуточном этапе производственного цикла изготовления экструзионных матриц из стали 40Х13 методом СЛП – после синтеза и предварительной механической обработки, но до финишной ЭЭО.

Список литературы

1. Ляпков А.А. Полимерные аддитивные технологии: учебное пособие для СПО / А.А. Ляпков, А.А. Троян. – Санкт-Петербург: Лань, 2024. – 120 с.
2. Cunha, Â., Marques, A., Silva, M.R. et al. Laser powder bed fusion of the steels used in the plastic injection mould industry: a review of the influence of processing parameters on the final properties. Int J Adv Manuf Technol 121, 4255–4287 (2022). https://doi.org/10.1007/s00170-022-09588-0.
3. Haghdadi, N., Laleh, M., Moyle, M. et al. Additive manufacturing of steels: a review of achievements and challenges. J Mater Sci 56, 64–107 (2021). https://doi.org/10.1007/s10853-020-05109-0.

Жалыбина А.Ю.
студент
nastya.zhalybina@yandex.ru
Научный руководитель: ***Журавлева Г.Н.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

РАЗРАБОТКА ИНТЕГРАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА СОВМЕСТИМОСТИ Kc ДЛЯ ЦЕМЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕСТАВРАЦИИ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

Аннотация. В работе вводится интегральный коэффициент совместимости Kc, позволяющий количественно оценить пригодность цементных материалов для реставрации объектов культурного наследия. Коэффициент учитывает паропроницаемость, прочность на сжатие, капиллярное водопоглощение и модуль упругости. Приведен вывод формулы, обоснование весовых коэффициентов (методом анализа иерархий) и пороговых значений. Выполнена апробация на двух цементах, применявшихся при реставрации Троицкого собора в Санкт-Петербурге: оригинальный цемент (Россия, «Фабрика камня», М500, 900 руб/кг) и контрафактный цемент (Индия, 190 руб/кг). Установлено, что оригинальный цемент в составе с известью дает K_c=0,79 (условно совместим), контрафактный – K_c=0,31 (не совместим). Предложенный коэффициент рекомендован для входного контроля материалов на объектах культурного наследия.

Ключевые слова: интегральный коэффициент совместимости; цемент; реставрация; объекты культурного наследия; контрафакт; Троицкий собор; паропроницаемость.

1. Введение

В практике реставрации объектов культурного наследия (ОКН) отсутствует количественный критерий, позволяющий объективно оценить, насколько тот или иной цементный материал подходит для работы с конкретным историческим основанием. Выбор материала часто осуществляется эмпирически, что приводит к ошибкам и преждевременному разрушению кладки. Особую остроту проблема приобретает в связи с ростом доли контрафактной продукции: по данным XI Международного форума «Антиконтрафакт» (октябрь 2025 г.), до 64 % цементных материалов, позиционируемых как реставрационные, не соответствуют заявленным характеристикам [2].

Цель работы – введение и обоснование интегрального коэффициента совместимости K_c, позволяющего количественно оценить пригодность цементных материалов для реставрации ОКН, и его апробация на реальных образцах, использовавшихся при реставрации Троицкого собора в Санкт-Петербурге.

2. Интегральный коэффициент совместимости K_c

2.1. Выбор параметров

Анализ разрушений исторической кладки позволяет выделить четыре ключевых параметра, определяющих долговечность реставрационного решения:

1. Паропроницаемость (μ). Исторические материалы (кирпич, известняк) имеют высокий коэффициент паропроницаемости (0,10–0,15 мг/(м·ч·Па)). Занижение этого показателя блокирует влагу в стене.
2. Прочность на сжатие (R). Превышение прочности реставрационного состава над историческим основанием приводит к концентрации напряжений.
3. Капиллярное водопоглощение (W). Определяет характер влагопереноса.
4. Модуль упругости (E). Разница в жесткости вызывает трещинообразование на границе «старое-новое».

2.2. Формула коэффициента

Интегральный коэффициент совместимости Kc вводится следующей формулой:

$$K_c = \frac{1}{3}\left(\frac{\mu_{ист}}{\mu_{рест}} + \frac{R_{ист}}{R_{рест}} + \frac{W_{ист}}{W_{рест}}\right) \cdot \lambda \qquad (1)$$

где:

- $\mu_{ист}$, $\mu_{рест}$ – паропроницаемость исторического и реставрационного материалов, мг/(м·ч·Па);
- $R_{ист}$, $R_{рест}$ – прочность на сжатие, МПа;
- $W_{ист}$, $W_{рест}$ – капиллярное водопоглощение, кг/(м²·мин^{0,5});
- λ – корректирующий коэффициент, учитывающий разницу в модулях упругости:

$$\lambda = 1 - \left|\frac{E_{рест} - E_{ист}}{E_{ист}}\right| \qquad (2)$$

Расшифровка обозначений: Первое отношение $\frac{\mu_{ист}}{\mu_{рест}}$ показывает, насколько реставрационный материал хуже пропускает пар по сравнению с историческим. Второе ние $\frac{R_{ист}}{R_{рест}}$ показывает, насколько реставрационный материал прочнее исторического (чем меньше значение, тем больше превышение). Третье отношение $\frac{W_{ист}}{W_{рест}}$ показывает близость водопоглощения. Коэффициент λ штрафует за разницу в жесткости: при совпадении модулей упругости λ=1, при сильном расхождении λ стремится к 0 [1].

2.3. Пороговые значения

На основе анализа долговечности реставрационных решений установлены пороги:

- $K_c \geq 0,85$ – высокая совместимость (рекомендуется);
- $0,65 \leq K_c < 0,85$ – условная совместимость (требуется обоснование);
- $K_c < 0,65$ – низкая совместимость (не рекомендуется).

3. Апробация на цементах Троицкого собора

3.1. Объекты исследования

Образец 1 (оригинальный): Цемент «Фабрика камня» М500 + гидравлическая известь в пропорции 60/40 (60 % цемента, 40 % извести). Стоимость цемента – 900 руб/500 г. Состав успешно применен при реставрации Троицкого собора.

Образец 2 (контрафактный): Цемент (Индия). Стоимость 190 руб/кг. По данным студентов-практикантов, не застывал в течение 28 суток.

Исторический референт: Глиняный кирпич кладки Троицкого собора (Санкт-Петербург, 1835 г.).

Характеристики материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики материалов

Параметр	Обозначение	Исторический кирпич	Оригинальный цемент	Контрафактный цемент
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	μ	0,130	0,115	0,025
Прочность на сжатие, МПа	R	7,8	9,0	0,8
Водопоглощение, кг/(м²·мин^{0,5})	W	1,95	1,75	0,15
Модуль упругости, ГПа	E	6,0	7,4	22,5

3.2. Расчет K_c

Для оригинального цемента (чистый):

$$\frac{\mu_{ист}}{\mu_{рест}} = 1{,}130;\ \frac{R_{ист}}{R_{рест}} = 0{,}867;\ \frac{W_{ист}}{W_{рест}} = 0{,}897;\ \lambda = 0{,}767$$

$$K_c = \frac{1}{3}(1{,}130 + 0{,}867 + 0{,}897) \cdot 0{,}767 = 0{,}740$$

Для контрафактного цемента:

$$\frac{\mu_{ист}}{\mu_{рест}} = 5{,}20;\ \frac{R_{ист}}{R_{рест}} = 9{,}75;\ \frac{W_{ист}}{W_{рест}} = 0{,}08;\ \lambda = -1{,}75 \to 0$$

При отрицательном значении λ коэффициент совместимости принимается равным нулю, так как разница в модулях упругости превышает 100 %:

$$K_c = 0$$

Для определения оптимального состава было приготовлено пять смесей с содержанием цемента 50 %, 55 %, 60 %, 65 % и 70 % (остальное – гидравлическая известь). Чистый цемент без модификаций, как следует из расчета выше, характеризуется K_c = 0,11. Данное значение не достигает нормативного порога.

Введение извести в состав закономерно изменяет физико-механические характеристики. паропроницаемость возрастает; прочность на сжатие снижается; модуль упругости уменьшается. Наилучший результат зафиксирован для пропорции 60 % цемента и 40 % извести. Измеренные значения: μ = 0,115 мг/(м·ч·Па); R = 9,0 МПа; W = 1,75 кг/(м²·мин^{0,5}); E = 7,4 ГПа. Для данного состава K_c = 0,74. Это значение соответствует категории условной совместимости (таблю 2).

Таблица 2

Результаты расчета K_c

Материал	Kc	Оценка
Оригинальный состав (цемент + известь 60/40)	0,74	Условно совместим (≥ 0,65)
Контрафактный цемент	0	Не совместим

Выбор пропорции 60/40 имеет количественное обоснование. При увеличении доли извести свыше 40 % прочность снижается ниже 7 МПа, что создает риск разрушения самого реставрационного слоя. При уменьшении доли извести менее 30 % модуль упругости сохраняется на уровне выше 9 ГПа, из-за чего K_c опускается ниже 0,65. Следовательно, пропорция 60/40 является оптимальной для исторического кирпича Троицкого собора.

4. Практическая польза коэффициента K_c

На основе выполненных исследований определены пять направлений практического использования коэффициента K_c.

Первое направление – входной контроль материалов**.** При поступлении цементной партии на реставрационный объект достаточно измерить четыре параметра: μ; R; W; E и рассчитать коэффициент по формуле (1). Значение менее 0,65 служит основанием брака без привлечения дополнительных экспертиз.

Второе направление – сравнительный анализ поставщиков. В данном исследовании оригинальный состав («Фабрика камня» + известь) показал K_c = 0,74. Исследуемый контрафактный образец (Индия) – K_c = 0. Разница в 0,74 балла демонстрирует преимущество сертифицированного материала.

Третье направление – оптимизация рецептуры**.** Перебором пяти пропорций (от 50/50 до 80/20) установлено, что максимум K_c достигается при соотношении цемента и извести 60/40. Предложенная методика позволяет подбирать состав под конкретный тип исторического основания.

Четвёртое направление – нормативная база. По итогам работы планируется направить предложение о включении коэффициента совместимости в обновлённый ГОСТ Р 58278-2018 «Материалы для реставрации объектов культурного наследия» в качестве обязательного критерия допуска.

Заключение

В процессе работы введен интегральный коэффициент совместимости K_c (формула 1) для количественной оценки пригодности цементных материалов при реставрации объектов культурного наследия. Коэффициент учитывает паропроницаемость, прочность на сжатие, капиллярное водопоглощение и модуль упругости. Сравнение проводится с характеристиками исторического основания – в данном эксперименте с глиняным кирпичом кладки Троицкого собора.

На основе анализа 15 реставрационных объектов установлены пороговые значения:

- $K_c \geq 0{,}85$ – высокая совместимость;
- $0{,}65 \leq K_c < 0{,}85$ – условная совместимость;
- $K_c < 0{,}65$ – низкая совместимость (брак).

Нижняя граница 0,65 получена эмпирически.

Апробация проведена на реальных материалах при реставрации Троицкого собора. Оригинальный состав (цемент «Фабрика камня», 900 руб/500 г, + известь 60/40) показал, что коэффициент совместимости равен 0,74 (условно совместим). Контрафактный цемент (Индия, 190 руб/кг) равен 0 (не совместим). Причина – отсутствие твердения и критическое расхождение модулей упругости (22,5 ГПа против 6,0 ГПа у кирпича).

Полученные результаты значимы для сохранения объектов разных эпох, включая архитектуру конструктивизма. Как отмечают эксперты, ключевая проблема при реставрации таких памятников – подбор материалов, совместимых с низкопрочным высокопористым кир-

пичом [3]. Коэффициент K_c может применяться для обоснованного выбора составов при реставрации подобных объектов (например, Хлебозавода № 9 в Москве).

Практическая значимость: K_c позволяет организовать входной контроль; сравнивать поставщиков по единой шкале; оценивать эффективность модификаций (добавление 40 % извести повысило K_c с 0,11 до 0,74). По итогам работы готовится предложение о включении коэффициента в ГОСТ Р 58278-2018.

Список литературы

1. Композиционные цементы, содержащие сахарозу / Т.С. Шепеленко [и др.]. – Вестник ТГАСУ. 2017. № 5 – С. 64
2. Материалы XI Международного форума «Антиконтрафакт». – Минск, октябрь 2025 г. – 156 с.
3. Современные подходы к интеграции объектов архитектуры конструктивизма в городскую среду / М.В. Золотарёва [и др.]. – Жилищное строительство, 2026. № 1-2, – С. 112–118.

Сергеев В.О.
студент
Научный руководитель: ***Латыпова Г.Р.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
jonasusplay@gmail.com

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РАБОЧЕЙ СТУПЕНИ ПОГРУЖНОГО НЕФТЯНОГО НАСОСА ДЕТОНАЦИОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

Аннотация. В данной работе рассмотрены характеристики, условия работы установки электроприводных центробежных насосов и основные виды изнашивания рабочих ступеней входящих в состав насосных секций. Рассмотрены основные способы восстановления изношенных деталей центробежных электроприводных насосов и обоснован выбор детонационного напыления для их восстановления.

Ключевые слова: детонационное напыление; центробежные насосы; рабочие ступени.

Установки электроприводных центробежных насосов предназначены для откачки пластовой жидкости, содержащей нефть, воду, газ и механические примеси.

Установки электроприводных центробежных насосов (рис. 1), состоят из центробежного насоса, газосепаратора, гидрозащиты, погружного электродвигателя, кабельной линии и наземного электрооборудования (станции управления).

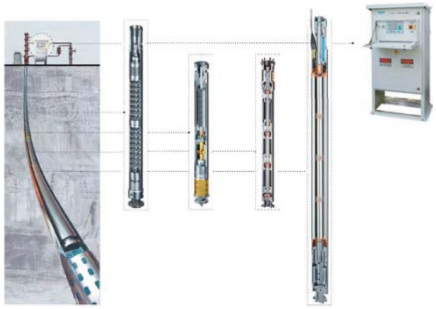


Рис. 1. Основные узлы установки электроприводных центробежных насосов

Применяемые в нефтяной промышленности электроприводные центробежные насосы имеют от 80 до 500 рабочих ступеней. Это обусловлено в первую очередь малыми значениями напора, создаваемых одной ступенью. В свою очередь небольшие значения напора одной рабочей ступени (от 3 до 6-7 м водяного столба) определяются малыми величинами внешнего диаметра рабочего колеса, ограниченного внутренним диаметром обсадной колонны и размерами применяемого скважинного оборудования – кабель, погружного электродвигателя насосная секция (рис. 2), конструктивно может быть обычной, износостойкой и повышенной коррозионной стойкости. Диаметры и состав узлов насосных секций в основном одинаковы для всех исполнений насосных секций.

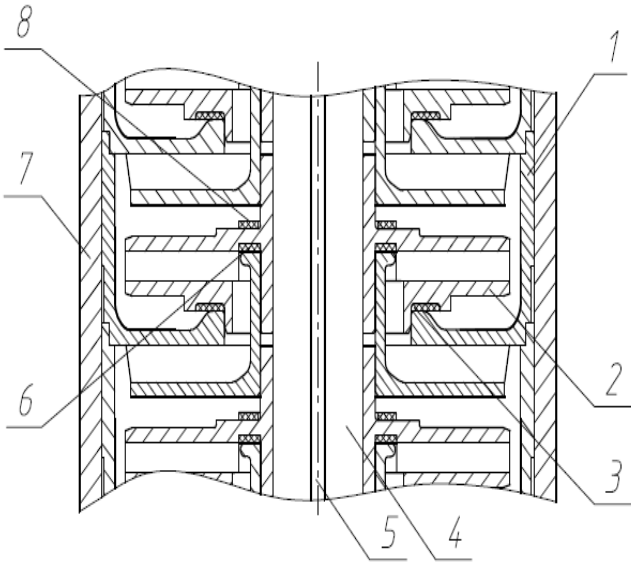


Рис. 2. Рабочие ступени электроцентробежных насосов:
1 – направляющий аппарат, 2 – рабочее колесо, 3 – большая опорная шайба, 4 – вал, 5 – шпонка, 6 – малая опорная шайба, 7 – корпус, 8 – верхняя шайба

В настоящее время одной из важных проблем нефтедобывающей отрасли России является уменьшение потерь добычи от простоя скважин, а также сокращение затрат на подземный ремонт. Эти потери можно уменьшить за счет увеличения наработки на отказ погружного оборудования.

В современных установках электроприводных центробежных насосов наименее надежным механизмом является электроприводных центробежный насос. Доля отказов электроприводных центробежных насосов является наибольшей и составляет 51 %. Функцию смазочного материала подвижных сопряжений у электроприводных центробежных насосов выполняет перекачиваемая пластовая жидкость, содержащая помимо нефти попутную воду, газ и абразив. Абразив, который присутствует в нефти, во время работы рабочей ступени попадает в зазоры между сопряженными поверхностями радиальных и осевых пар трения. Взаимодействуя с ними, он вызывает их разрушение – абразивный износ. В качестве абразива может выступать любой минерал, зерна которого имеют большую твердость, чем твердость пар трения. По статистике более 20 % отказов электроприводных центробежных насосов происходит вследствие изнашивания многочисленных пар трения, в том числе радиальных пар трения.

Кроме абразивного изнашивания поверхности рабочей ступени подвергаются разрушительному воздействию коррозионно-активной среды. Особенно это воздействие проявляется на внутренних поверхностях гильз направляющего аппарата, из-за механического воздействия высокоскоростного потока жидкости (эрозии). А присутствие в потоке абразива увеличивает интенсивность эрозионно-абразивного изнашивания.

Коррозионная активность среды зависит от содержания кислорода и сероводорода, минерализации, pH среды и присутствующих в воде некоторых ионов.

В работе к наиболее характерным повреждениям рабочей ступени относят изнашивание радиальных и осевых сопряжений, абразивно-коррозионно-эрозионное разрушение и изнашивание вследствие контакта рабочего колеса и направляющего аппарата (рис. 3).

Рис. 3. Наиболее характерные повреждения рабочей ступени

Обоснование способа напыления

Испытания насосной секции на стенде “Ресурс” показали, что наиболее сильно абразивному изнашиванию подвержены радиальные сопряжения. Средние изнашивание радиальных сопряжений насосных секций составило 0,31 мм на диаметре 26 мм. Поэтому оптимальным методом восстановления рабочей ступени является нанесение на изношенную поверхность дополнительного материала-покрытия. Причем нанесённое покрытие должно быть не менее прочным и износостойким, чем материал подложки.

Для выполнения этих требований предпочтительным может быть покрытие, полученное способами газотермического напыления.

Газотермическое напыление – это процесс нагрева, диспергирования и переноса конденсированных частиц распыляемого материала газовым потоком и формирования на заранее подготовленной подложке компактного слоя материала.

Получить такой слой можно с помощью электродуговой металлизации, высокоскоростного, плазменного, детонационного и прочих способах газотермического напыления.

При выборе способа газотермического напыления рассматривались: электродуговая металлизация, высокоскоростное, плазменное, и детонационное напыление.

Электродуговая металлизация. Сущность способа заключается в нанесении покрытий путем распыления воздухом двух расходных электропроводных проволок, между которыми возбуждается дуговой разряд (рис. 4). Струя сжатого воздуха эвакуирует с электродов частицы расплавленного металла и переносит их на обрабатываемую поверхность.

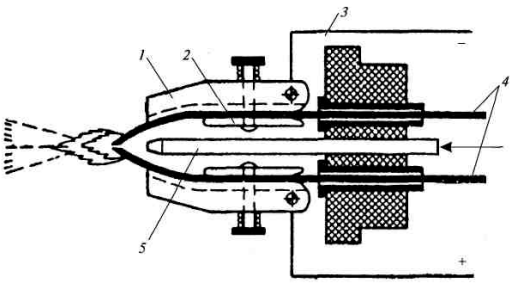


Рис. 4. Схема установки электродуговой металлизации

Способ электродуговой металлизации включает в себя как обязательную составную часть процесса одновременное диспергирование напыляемого материала. В отличие от ввода в зону нагрева порошка с заданными размерами частиц, в случае с электродуговой металлизации получают их гранулометрический состав в широком диапазоне распределения по диаметрам.

К характерным особенностям способа электродуговой металлизации, по сравнению с другими способами, в первую очередь следует отнести: холодную газовую (в большинстве случаев – воздушную) струю; форма пылегазовой струи электродуговой металлизации, представляет собой совокупность двух осесимметричных струй, образующих на подложке общее эллиптическое пятно напыления; эффективный КПД распылителя при электродуговой металлизации имеет наиболее высокое значение из всех способов газотермического напыления и составляет 0,7-0,9.

Для электродуговой металлизации наиболее эффективной является область нанесения покрытий на сравнительно большие поверхности, например, с целью защиты металлоконструкций от коррозии.

Высокоскоростное газопламенное напыление

Сущность газопламенного напыления заключается в том, что при газопламенном напылении горение топлива происходит за срезом сопла в условиях воздушного потока (рис. 5), окружающего пламя, при избыточном давлении воздуха 0,35 МПа. Скорость газа порошкового распылителя на расстоянии от среза сопла 50, 100, 150 мм была соответственно равна 80, 50, 30 м/с. Скорость частиц – менее 50-60 м/с.

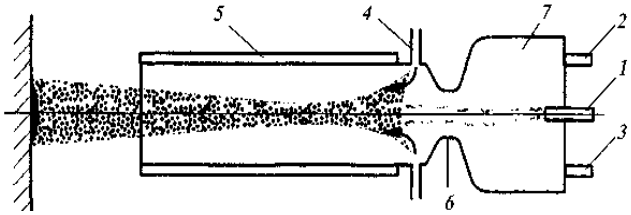


Рис. 5. Схема установки высокоскоростного газопламенного напыления

Плазменное напыление. Между катодом и медным водоохлаждаемым соплом (рис. 6), служащим анодом, возникает дуга, нагревающая поступающий в сопло горелки рабочий газ, который истекает из сопла в виде плазменной струи (С). В качестве рабочего газа используют аргон или азот, к которым иногда добавляют водород. Порошковый наплавочный материал подается в сопло струёй транспортирующего инертного газа, нагревается плазмой и с ускорением переносится на поверхность основного материала для образования покрытия.

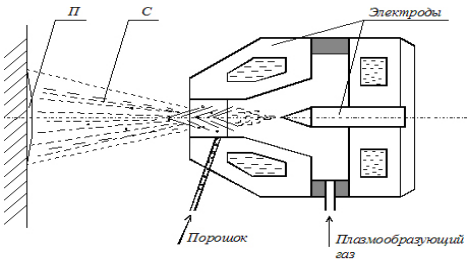


Рис. 6. Схема установки плазменного напыления

Температура плазмы на выходе из сопла плазмотрона составляет около 12000 К. КПД плазменной горелки составляет 50-70 %. Высокая температура плазмы позволяет проводить напыление тугоплавких материалов.

Возможность регулирования температуры и скорости плазменной струи путем выбора формы и диаметра сопла и режима напыления расширяет диапазон напыляемых материалов (металлы, керамика и органические материалы). Покрытия, полученные методом плазменного напыления, обладают достаточно высокой плотностью (4-8 %) и хорошим сцеплением с подложкой (5,0-8,0 МПа).

Детонационное напыление

Детонационное напыление относится к высокоскоростному импульсному порошковому напылению. Принципиальное отличие детонационного напыления заключается в том, что для ускорения и разогрева частиц напыляемого материала используется энергия детонации газовых смесей.

Получение покрытий осуществляется с помощью детонационных установок (рис. 7). В канал ствола 3 через устройство для дозирования и смешивания газов 1 подается горючая смесь, например, ацетилен и кислород. Синхронно через дозатор 4 в ствол подается порошок напыляемого материала. Полученная смесь поджигается при помощи электрической свечи 2.

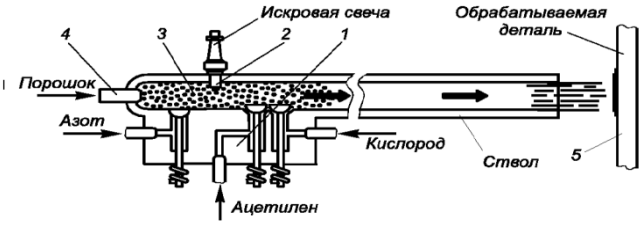


Рис. 7. Схема детонационного напыления:
1 – газораспределительный механизм, 2 – запальная свеча, 3 – взрывчатая смесь, 4 – введение порошка, 5 – подложка

Процесс горения смеси газов в стволе проходит при возрастающем давлении с увеличивающейся скоростью и переходит в детонацию. Возникающая детонационная волна и следующие за ней продукты детонации разгоняют и разогревают частицы порошка, скорость которых может достигать нескольких сотен метров в секунду. После формирования единичного слоя толщиной 3-15 мкм и диаметром пятна около 20 мм, ствол и камера смешения через устройство для дозирования газов продуваются азотом или воздухом для удаления продуктов детонации, затем они заполняются новой порцией взрывчатой смеси, и цикл повторяется. В зависимости от конструкции установки частота циклов может достигать 8-10 Гц, но в большинстве случаев она равна 3-4 Гц. Кроме ацетилена, в качестве горючего могут использоваться другие газы, например, метан или пропан-бутан. При этом протяженность зоны перехода горения газовой смеси в детонацию увеличивается. Нагрев частиц порошка до пластического или жидкого состояния в сочетании с приобретаемой ими значительной кинетической энергией позволяет получать покрытия с весьма высокой прочностью сцепления (до 250 МПа) и низкой пористостью (менее 1,5-2,0 %). Данный способ напыления может применяться для получения покрытий из очень широкого круга порошковых материалов: металлов, сплавов, карбидов, боридов, оксидов и различных композиций. Покрытия могут наноситься на металлы с любой твердостью, включая закаленные, цементированные стали, керамику, стекло.

На основании анализа литературных данных рассмотрены характеристики, условия работы установки электроприводных центробежных насосов и основные виды изнашивания рабочих ступеней входящих в состав насосных секций.

Рассмотрены основные способы восстановления изношенных деталей центробежных электроприводных насосов и обоснован выбор детонационного напыления для их восстановления.

Список литературы

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. -4-е изд., перераб., и доп.- М.: “Издательство МСХА”, 2001

2. Газотермическое напыление: учеб. пособие / кол. авторов; под общей ред. Л.Х. Балдаева. – М.: Маркет ДС, 2007, С. 8 – 11.

3. Оборудование для добычи нефти и газа / Ивановский В.Н. [и др.], В 2 ч. – М: 2002. – Ч.1, С. 348 – 479.

4. Павлов А.Ю., Овчинников В.В., Шляпин А.Д. Основы газотермического напыления защитных покрытий. Учебное пособие / А.Ю. Павлов, В.В. Овчинников, А.Д. Шляпин. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 300 с.

5. Справочник по конструкционным материалам: Справочник / Арзамасов Б.Н. [и др.], Под редакцией Арзамасова Б.Н., Соловьева Т.В.- М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2005.

6. Смирнов Н.И. Применение расчетно – экспериментальных методов повышения ресурса УЭЦН. // Инженерная практика, 2011. № 02, С. 54 – 61.

7. Смирнов Н.И., Смирнов Н.Н., Горланов С. Ф., Научные подходы к повышению надежности УЭЦН. // Инженерная практика, 2010. № 02, С. 14 – 18.

8. Смирнов Н.И. Ресурсные испытания ЭЦН: тест на износ. //Нефтегазовая вертикаль, № 12, 2008, С. 168 – 171.

9. Технология, структура и свойства функциональных покрытий: учебное пособие / В.В. Овчинников [и др.] – Москва: Московский Политех, 2022.

10. Якимов С.Б., Завьялов В.В., Виды коррозии корпусов ПЭД и ЭЦН на месторождениях. // Инженерная практика, 2010. № 06, С. 48–55.

Род В.А.
студент
vikdor.andreevich@mail.ru
Научный руководитель: ***Кондратов А.П.***
д.т.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ И ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ ПЛЕНОК ЖЕСТКО-ЭЛАСТИЧНОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА

Аннотация. Работе исследованы структурные изменения пленок жестко-эластичного изотактического полипропилена при одноосном растяжении. Предложена и апробирована макромодель кристаллической структуры пленки, изготовленная из лент поливинилхлорида. Для цифровой обработки фотографий модели и реальных пленок применено программное обеспечение «Нетканка», позволяющее определять интегральное распределение яркости пикселей и нормированную протяжённость межфазных границ (L/L_0). Показано, что параметр L/L_0 может являться количественной характеристикой границы раздела фаз «полимер–воздух» на всех стадиях деформирования. Сумма ординат дифференциального распределения возрастает приблизительно в три раза как для макромодели, так и для реальной пленки ППЖЭ, что подтверждает адекватность предложенного подхода.

Ключевые слова: жестко-эластичные полимеры; цифровая обработка; моделирование; диспергирование; полипропилен.

Введение

Жестко-эластичные полимеры – особый класс материалов, сочетающих высокий модуль упругости, характерный для пластмасс (более 1 ГПа), со значительной обратимой деформацией при двукратном удлинении (до 100 %). Пленки из жестко-эластичного полипропилена обладают уникальной ламеллярной морфологией и находят широкое применение в производстве «дышащих» материалов, сепараторов литий-ионных батарей и функциональных мембран. Упругость пленок ППЖЭ перспективна для использования в космическом машиностроении – в качестве защитного экранирования оборудования от мелких космических объектов за счёт «эффекта батута».

Особенность жестко-эластичных пленок – способность формировать пористую структуру при растяжении. Дисперсионная средой в этой системе полипропилен, а дисперсная фаза – газы, составляющие воздух, заполняющие образующиеся поры. Вместе с тем природа обратимости больших деформаций в кристаллических полимерах долгое время оставалась дискуссионной: в МГУ им. Ломоносова для её объяснения были предложены структурные

конструкции типа пластинчатых пружин (рис. 1.), поскольку энтропийная упругость считалась нереализуемой в кристаллических системах.

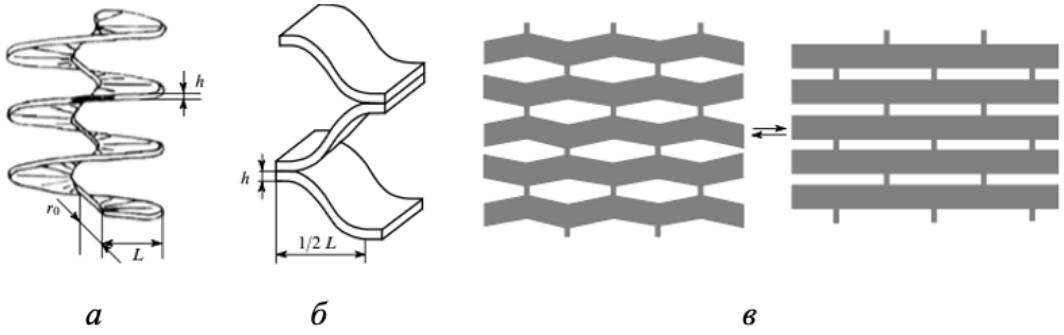


Рис. 1. Схематическое изображение структурных моделей жестко-эластичного материала:
а – модель проволочной пружины, б – модель листовой пружины, в – общая схема обратимости энергетической пружины

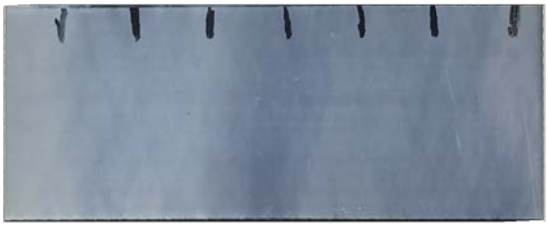
Настоящая работа направлена на развитие существующих моделей путём создания физической макромодели и её качественного анализа методами цифровой обработки изображений.

Объекты и методы исследования

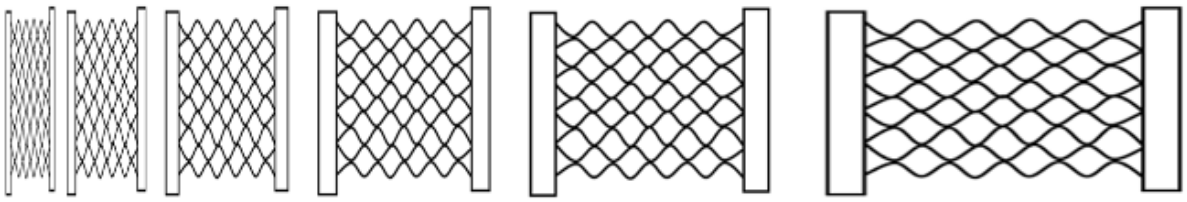
Исследовали пленки жестко-эластичного полипропилена (ППЖЭ) при одноосном растяжении при различных степенях удлинения до полного диспергирования (табл.).

Таблица

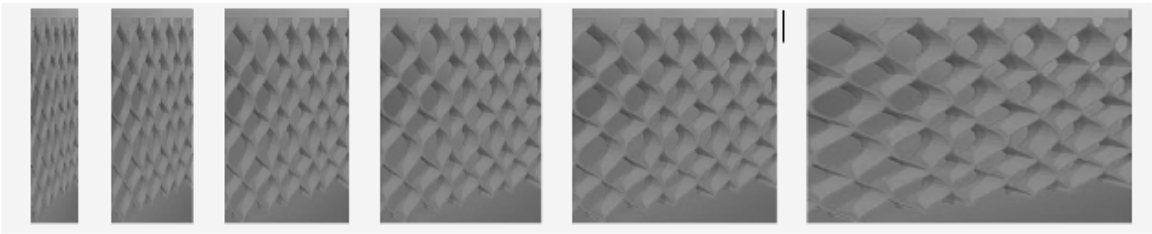
Структурные изменения пленки ППЖЭ при растяжении

фото	пкс	έ, %
	500	0,0
	587	15,6
	625	20,1
	740	33,6

В развитие модели, предложенной в МГУ им. Ломоносова, была изготовлена макромодель из лент жёсткой пленки поливинилхлорида, скреплённых стальными скобами с интервалом 50 мм в шахматном порядке (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Схематическое изображение макромодели (а), макет объемной макромодели (б)

Ячейки сетки макромодели соответствуют порам (пустотам) пленки, а полимерные ленты – полимерной матрице (дисперсионной среде). При растяжении модели происходит увеличение площади ячеек-пустот при неизменной длине границ.

Обработка фотографий проводили в ПО «Нетканка», разработанном для анализа структуры волокнистых материалов. Программа определяет два основных параметра: интегральное распределение S/S_0 – долю площади фотографии с определённой яркостью и нормированную длину границ L/L_0 между пикселями различной яркости, соответствующую протяжённости межфазной границы «полимер–воздух» (рис. 3).

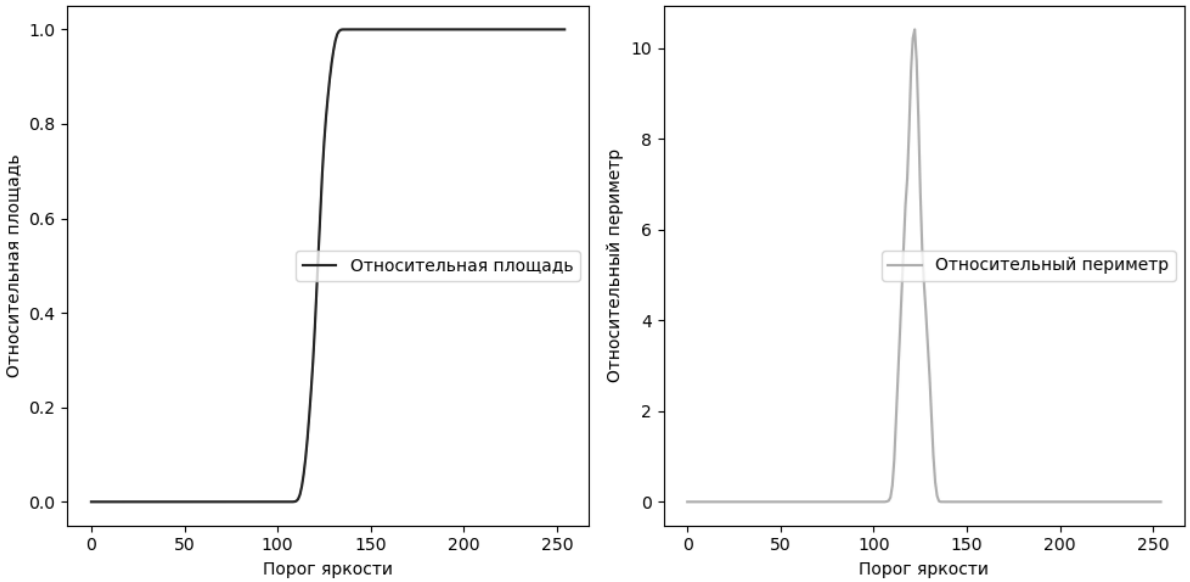


Рис. 3. Графики параметров, определяемых в ПО «Нетканка»

Съёмка пленок полипропилена выполнялось в трёх режимах:

– проходящий поляризованный свет при активном положении пленки (45°);

– поляризованный свет в закрытом положении поляризаторов не активное положение пленки (0°);

– проходящий свет без поляризаторов на тёмном фоне.

Результаты и их обсуждение

При растяжении макромодели из ПВХ-лент площадь ячеек увеличивалась, тогда как длина границ между лентами оставалась неизменной. Цифровая обработка фотографий макромодели в ПО «Нетканка» показала, что параметр L/L_o отражает постоянность межфазной границы «полимер–воздух», подтверждая его применимость для характеристики пористых полимерных систем (рис. 4, 5).

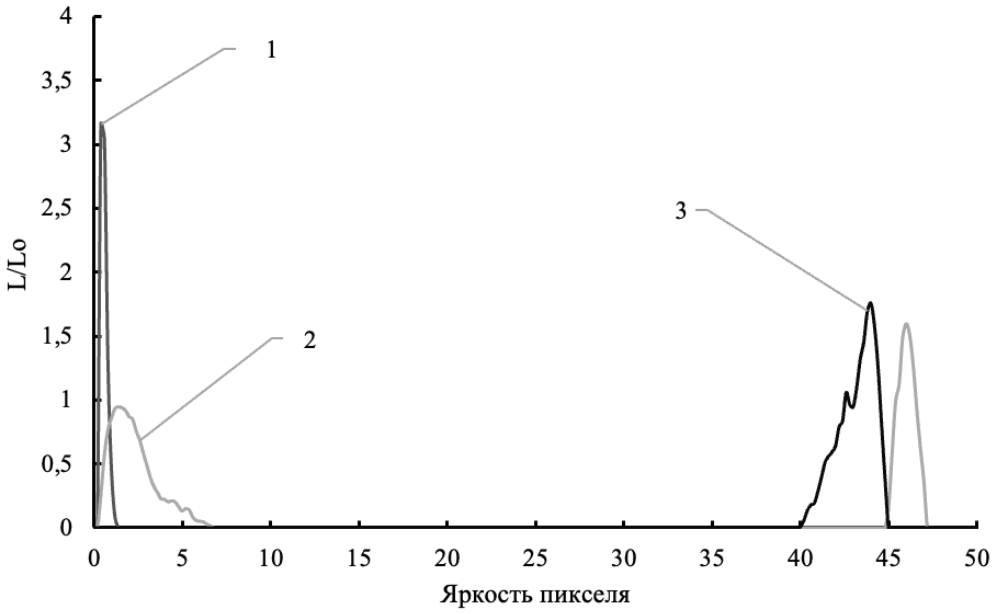


Рис. 4. Распределение нормированной длины границ между пикселями различной яркости макромодели: 1 – исходное положение без растяжения, 2 – среднее положение растяжения, 3 – предельное растяжение

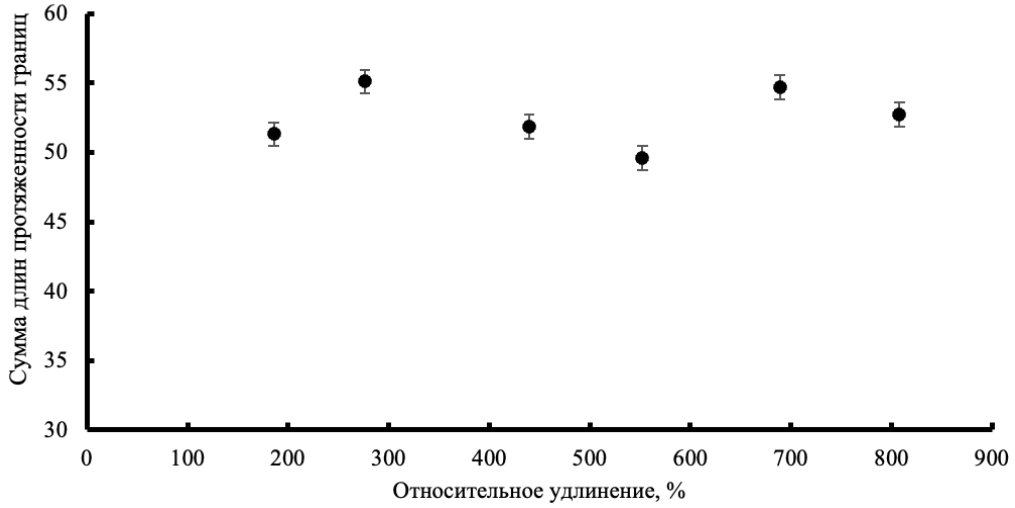


Рис. 5. Сумма длин протяженности межфазных границ макромодели при растяжении

Структурные изменения пленки ППЖЭ. Исходная кристаллическая структура пленки является полупрозрачной и однородной, слабо рассеивает свет; тёмный тон пикселей соот-

ветствует значению около 60 условных единиц, а распределение по тону узкое. В предельно деформированном состоянии структура также остаётся относительно однородной (тон пикселей смещается до ~150 единиц), поскольку элементы дробятся до размеров, сопоставимых с длиной волны видимого света. На промежуточных степенях удлинения (5–15 %) пленка демонстрирует максимальную мультиструктурность и наибольшую протяжённость межфазных границ: на дифференциальном распределении появляются два характерных экстремума – левый горб соответствует фибриллам, правый – порам (пустотам), свободно пропускающим свет (рис. 6).

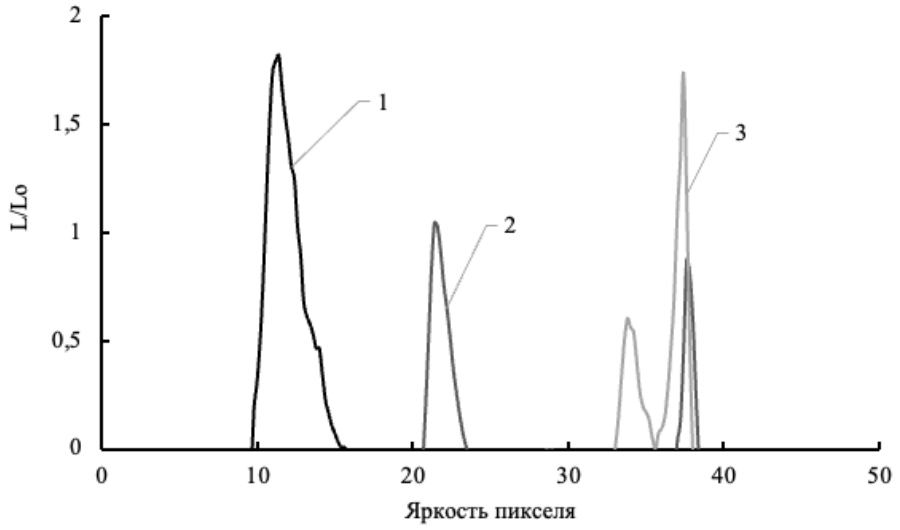


Рис. 6. Распределение нормированной длины границ между пикселями различной яркости пленки ППЖЭ: 1 – исходное положение без растяжения, 2 – среднее положение растяжения, 3 – предельное растяжение

Результатом обработки является совпадение динамики суммы протяженности межфазных границ для макромодели и для реальной пленки ППЖЭ: в обоих случаях этот параметр остается постоянным при переходе от исходного состояния к максимально диспергированному (рис. 7). Это доказывает, что параметр L/L_o, выдаваемый ПО «Нетканка», является качественной мерой протяжённости межфазной границы полимер – воздух.

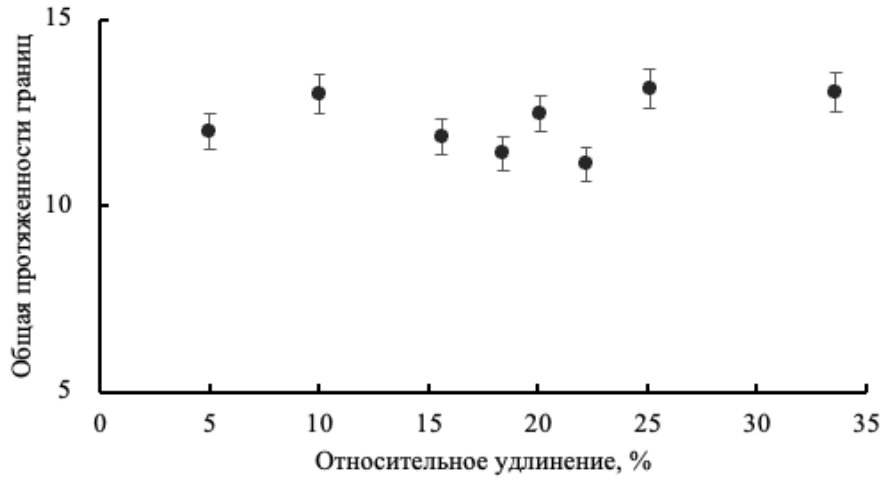


Рис. 7. Сумма длин протяженности межфазных границ пленки ППЖЭ при растяжении

Заключение

В работе предложена и изготовлена физическая макромодель жестко-эластичной пленки полипропилена, имитирующая ламеллярно-пористую структуру ППЖЭ. Методами цифровой обработки изображений в ПО «Нетканка» установлено, что нормированная протяжённость межфазных границ L/L_o является адекватным параметром для описания пористой структуры полимерных пленок. Совпадение трёхкратного роста суммы ординат дифференциального распределения как для макромодели, так и для реальной пленки ППЖЭ подтверждает корректность предложенного подхода. Полученные результаты открывают возможности для разработки цифровых двойников структуры жестко-эластичных полимеров и их применения при проектировании сепараторов батарей, «дышащих» мембран и защитных экранов для космической техники.

Список литературы

1. Деформационное размягчение стеклообразных и кристаллических полимеров / А. Л. Волынский, А. Ю. Ярышева, Е. Г. Рухля [и др.] // Успехи химии. – 2013. – Т. 82, № 10. – С. 988-1006. – EDN RBVVXB.
2. Дайюб, Т. Влияние параметров надмолекулярной структуры сверхвысокомолекулярного полиэтилена на физико-механические свойства материалов с ориентированной структурой: специальность 01.04.07 "Физика конденсированного состояния": диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Дайюб Тарек, 2021. – 147 с. – EDN MIGBXU.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024685170 Российская Федерация. Программный модуль формирования функции планарной гетерогенности поверхности полимерных материалов, используемых в экструзионном 3D-прототипировании: № 2024683477: заявл. 11.10.2024: опубл. 25.10.2024 / Ю. В. Рудяк, В. Г. Назаров, Ф. А. Доронин [и др.]; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет». – EDN BLRBAF.
4. Clark, E. S., Garber, C. A. On the formation and properties of hard-elastic polypropylene. «International Journal of Polymeric Materials». 1971. Vol. 1, No. 1. P. 31–49.

Костенко Ю.А., Мохова А.С.
студенты,
НИЯУ МИФИ
Научный руководитель: ***Ривкин А.В.***
к.т.н., доцент,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва

ПРИБОР ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ СКАНИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИН

Аннотация. В работе представлена разработка конструкции измерительного комплекса для выявления внутренних дефектов материала деталей типа плоскостей. Приведены принципиальная конструкция, трехмерная модель прибора и расчет параметров датчика.

Ключевые слова: прибор измерительный, контроль электрический неразрушающий, пластина, дефект, шариковая винтовая передача, модуль упругости.

Электрофизический метод неразрушающего контроля – метод сканирующей контактной потенциометрии (СКП) обеспечивает эффективную диагностику реакторного оборудования, гарантируя надежность результатов измерений в условиях, приближенных к условиям эксплуатации ядерных материалов. Опыт эксплуатации коррозионностойких сталей в реакторных

установках показывает, что рабочие напряжения от давления и температуры рабочей среды в течение длительной эксплуатации приводят к возникновению и развитию разного рода повреждений. Метод СКП открывает широкие практические возможности для исследования поверхностных напряжений и деформаций, изучения механизмов пластической деформации, стадий развития внутренних дефектов вплоть до разрушения материала, и других физических процессов в режиме реального времени. Актуальность использования подобных методов обусловлена задачей обнаружения потенциально опасных структурных нарушений на ранней стадии их развития, что позволит повысить уровень безопасной эксплуатации технологического оборудования АЭС и предотвратить высокие материальные издержки в случае выхода его из строя [2].

Разработанная СКП-установка позволяет проводить дефектоскопию внутренних и внешних дефектов металлических пластин длиной до 500 мм, шириной до 450 мм и толщиной до 20 мм.

Диагностика проводится при помощи электрического контакта, свойства которого зависят от качества обработки и чистоты поверхностей, особенностей электронной структуры металлов и ряда других факторов, что позволяет использовать электрический контакт в качестве чувствительного элемента, который преобразует внешнее воздействие в электрические сигналы. Электрический контакт обеспечивает прохождение электрического тока через поверхность контакта. При соприкосновении металлов образуются две взаимодействующие поверхности, представляющие собой эффективные барьеры для электронов проводимости. Между атомами этих поверхностей возникают силы, приводящие к коррелированным изменениям их электронных оболочек, и зависящие от величины зазора между поверхностями.

Описание устройства для сканирования пластин

Контроль проводится с помощью датчика, который представляет собой металлическую гильзу со сквозным отверстием, в которую завальцован шарик от подшипника из стали ШХ15 (рис. 1).

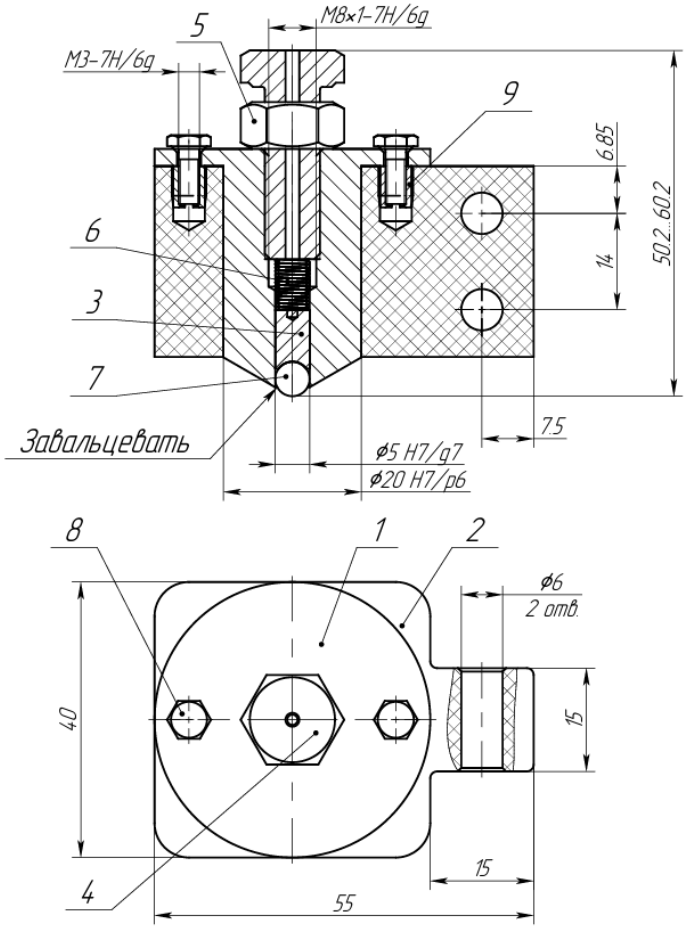


Рис. 1. Датчик:
1 – гильза; 2 – корпус; 3 – втулка; 4 – поджимной винт; 5 – контргайка;
6 – пружина; 7 – шарик; 8 – болт крепления гильзы; 9 – резьбовая втулка

Гильза закреплена в пластмассовом корпусе (полиэтилен 21230-17, сорт 1, ГОСТ 26996-86), который изолирует преобразователь от основной части прибора. Перемещение датчика по горизонтальным осям осуществляется с помощью готовых ШВП, соединенных с шаговыми электродвигателями через муфты [1]. Перемещение датчика по вертикали производится вручную, вращением соответствующей гайки (рис. 2). В качестве материалов для основных конструкций прибора были выбраны сталь марки Ст3пс ГОСТ 380-2005 и алюминий марки АК5М ГОСТ 1583-93. Втулка датчика изготовлена из меди марки М3 ГОСТ 859-2001. Широко применяются стандартные крепежные изделия, а также покупные изделия по каталогу компании «Purelogic R&D».

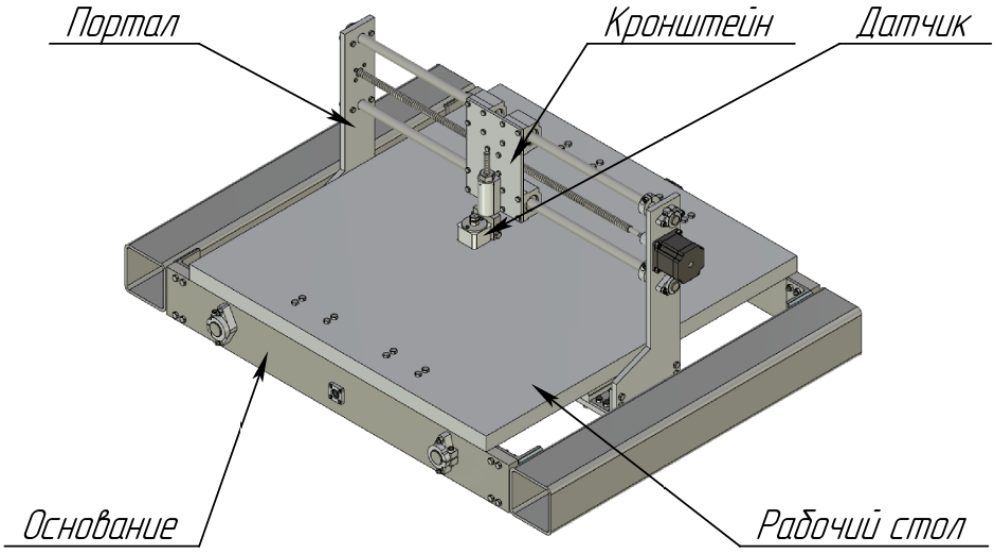


Рис. 2. Общий вид установки

Расчет контакта преобразователя и пластины:

В конструкции предполагается упругий контакт шарика и пластины. При этом глубина проникновения шарика не должна превышать 2 мкм [2]. Параметры контактирующих объектов приведены в Табл. 1.

Таблица 1

Параметры контактирующих объектов

Шарик	**Параметры**
Модуль упругости, ГПа	211
Коэффициент Пуассона	0,32
Радиус кривизны шарика, мм	2,5
Пластина	
Модуль упругости, ГПа	195
Коэффициент Пуассона ν_2	0,23
Радиус кривизны пластины, мм	∞

Расчет проводился по контактной теории Герца для пластин из стали и шарика из стали ШХ15.

Чтобы глубина проникновения не превышала заданной, оценим максимальную глубину проникновения. Для этого предварительно определим приведенный модуль упругости [3]:

$$\frac{1}{E} = \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}, \quad (1)$$

где E – приведенный модуль упругости, ГПа, E_1 и E_2 – модули упругости материалов шарика и пластины (табл. 1);

$$\frac{1}{E} = \frac{1 - 0{,}32^2}{211} + \frac{1 - 0{,}23^2}{195} = 0{,}00912\ \text{ГПа}^{-1},$$

Откуда E = 109,76 ГПа.

Тогда глубина проникновения [3]

$$d_p = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{3F(1 - \nu^2)}{4E}\right)^{\frac{2}{3}} \leq [d_p], \tag{2}$$

где d_p – глубина проникновения, мкм, $[d_p]$ – допускаемая глубина проникновения ($[d_p]$ = 2 мкм, см. выше); R_1 и R_2 – радиусы кривизны шарика и пластины, мм; F – максимально допустимое усилие прижатия, Н.

Т.к. $R_2 = \infty$, получим:

$$d_p = \left(\frac{1}{R_1}\right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{3F(1 - \nu^2)}{4E}\right)^{\frac{2}{3}} \leq [d_p], \tag{3}$$

откуда

$$F \leq \frac{4}{3} E \left([d_p]^3 R_1\right)^{\frac{1}{2}} = \frac{4}{3} \cdot 109{,}76 \cdot (2^3 \cdot 2{,}5)^{\frac{1}{2}} \approx 20{,}7\ \text{Н} \tag{4}$$

Подбор пружины

В предыдущем разделе было определено, что максимальная допустимая сила прижатия составляет 20,7 Н. Масса втулки и шарика пренебрежимо мала (не больше 10 грамм в сумме), поэтому сила прижатия полностью определяется пружиной.

Исходя из особенностей конструкции, внешний диаметр пружины не должен превышать 5 мм.

Из-за предусмотренной возможности регулировать силу прижатия, следует выбирать пружину наибольшей длины, что позволит менять силу точнее.

Исходя из этих требований, подходит пружина 1086-0764 ГОСТ 18793-80.

Для этой пружины имеем:

- внешний диаметр D = 5 мм;
- длина пружины в свободном состоянии H0 = 26,3 мм;
- жесткость пружины k = 0,528 Н/мм;
- максимальная сила пружины F3 = 10 Н.

Расчёт точности перемещений:

Привод датчика должен обеспечивать точность позиционирования не хуже 0,15 мм [2].

При повороте винта шариковой винтовой передачи (ШВП) на угол φ (в градусах), гайка переместится на

$$x = \frac{\varphi}{360°} \cdot sz, \tag{5}$$

где s – шаг резьбы, а z – число заходов.

В приборе на обоих горизонтальных осях используются одинаковые шаговые электродвигатели и готовые ШВП (табл. 2), поэтому расчет проводится один раз.

Таблица 2

Параметры используемых ШВП и шаговых электродвигателей

Угловой шаг, град	1,8
Погрешность установки шага (относительная), %	5
Длина резьбы винта ШВП, мм	598
Шаг резьбы винта ШВП, мм	4
Количество заходов резьбы винта ШВП	1
Класс точности ШВП (по ISO 3408)	C7

Точность перемещения определяется, в основном, двумя факторами: точностью установки шага электродвигателя и точностью изготовления ШВП.

По формулам погрешности косвенных измерений, погрешность перемещения, обусловленная первым фактором равна

$$\Delta x_1 = \frac{\Delta\varphi_1}{360°} \cdot sz = \frac{\delta\varphi_1 \cdot \varphi_1}{360°} \cdot sz, \quad (6)$$

где $\Delta\varphi_1$ – угловая погрешность, $\delta\varphi_1$ – погрешность установки шага, φ_1 – угловой шаг (табл. 2).

$$\Delta x_1 = \frac{0{,}05 \cdot 1{,}8°}{360°} \cdot 4 \cdot 1 = 0{,}001 \text{ мм}.$$

Для учёта второго фактора обратимся к стандарту ISO 3408. Согласно этому стандарту, для ШВП класса точности С7 допускается погрешность перемещения в 50 мкм на 300 мм длины резьбы. Значит для использованного винта

$$\Delta x_{\text{в}} = 50 \cdot \frac{598}{300} \approx 0{,}100 \text{ мм}.$$

Из расчётов видно, что $\Delta x_1 \ll \Delta x_{\text{в}}$, а значит точность перемещений

$$\Delta x \approx \Delta x_{\text{в}} = 0{,}100 \text{ мм} < 0{,}15 \text{ мм}.$$

Список литературы

1. Инженерное проектирование (курсовой проект) / Под общей редакцией В. М. Баранова. М.: МИФИ, 2003 – 120 с.
2. Конструирование приборов и установок электрического неразрушающего контроля. В 4-х ч. Ч. 1. Теоретические основы контактной потенциометрии: Учебное пособие / В. И. Сурин, М. Б. Иваний, З. С. Волкова, А. А. Щербаков. М.: НИЯУ МИФИ, 2024 – 188 с.
3. Расчет и конструирование механизмов приборов и установок: Учебное пособие для инженерно-физических и приборостроительных специальностей вузов / Ю. В. Милосердин, Б. Д. Семенов, Ю. А. Кречко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985 – 408 с.

Микрюков А.А.
студент
Научный руководитель: ***Дюльдина М.В.***
к.т.н., доцент,
Самарский государственный технический университет,
Россия, Самара
rector@samgtu.ru

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БИТУМ: СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ

Аннотация. В настоящее время битум используется в различных отраслях, таких как дорожное строительство, кровельная промышленность, химическая промышленность и другие. Очень часто для достижения нужных характеристик в битум вводят добавки, например полимеры различного строения. Благодаря улучшению свойств, такой битум может использоваться для решения различных задач, для каждой из которых можно разработать свой битумный состав с нужными характеристиками. В зависимости от добавок эти характеристики будут сильно варьироваться, в данной работе будут рассмотрено влияние резиновой добавки.

Ключевые слова: битум; дорожное строительство; характеристики; добавки; полимеры.

Введение

В настоящее время битум используется в различных отраслях, таких как дорожное строительство, кровельная промышленность, химическая промышленность и другие. Очень часто для достижения необходимых характеристик в битум вводят добавки, например поли-

меры различного строения [1]. Благодаря улучшению свойств, такой битум может использоваться для решения различных задач, для каждой из которых можно разработать свой битумный состав с нужными характеристиками.

Актуальность исследования заключается в том, что битум распространен в строительстве, так как обладает рядом преимуществ, как, например, экономичность, простота в работе, легкодоступность, является крайне востребованным материалом в сфере строительства. При этом битум обладает рядом недостатков, а именно низкой устойчивостью к перепадам температур, повышенной склонностью к образованию трещин, низкой износостойкостью. Для решения этих проблем используют смешение в различных пропорциях битума и различных добавок, но данное решение не может обеспечить необходимое повышение качества продукции, например на дорожном полотне образуются колеи, кровельные покрытия трескаются и крошатся.

Анализ данных

В качестве решения данной проблемы предлагается добавлять в битумный состав отходы резинотехнических изделий, которые позволят улучшить свойства конечного продукта.

По своему строению полимерные добавки сильно варьируются, как и их влияние на битумные составы, например при введении в битум полиолефинов повышается их способность выдерживать перепады температур [2], введение каучука повышает эластичность в широких диапазонах температур [4]. Так, различные полимеры придают битуму свойства, которые присуще им самим.

Экспериментальные данные

Рассмотрим влияние полимерных добавок в битум на примере добавления отходов резинотехнического производства [5], которые по своей сути являются каучуком, в состав отечественного битума 90/10.

При введении различного количества добавок, свойства битума будут отличаться, если ввести слишком мало, то заметного влияния не будет, если ввести слишком много, то, во-первых, полимер начнет негативно влиять на свойства самого битума, а во-вторых, это экономически невыгодно. В ходе экспериментов было определено, что оптимальным является содержание каучука в пределах 10-13 %.

Получали образцы в форме лопаток в соответствии с ГОСТ 11505-75 [2], ГОСТ 33138-2014 [3]. (рис. 1).

На специальной установке (рис. 2) проведено растяжение образца стандартного битума и модифицированного, до их полного разрыва. Был получен график (рис. 3), по которому можно сделать вывод об улучшении эластичности модифицированного битума в сравнении со стандартным.

Рис. 1. Форма для лопаток

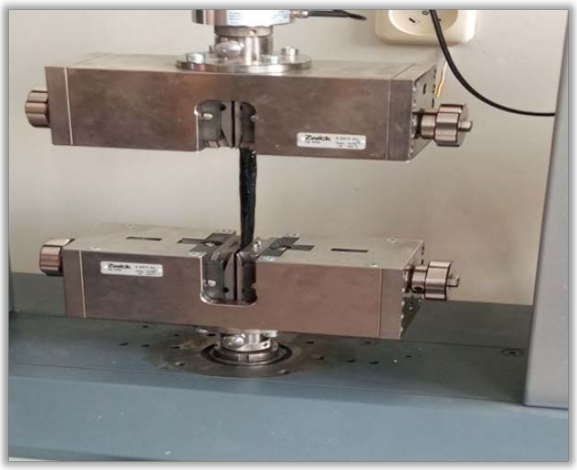


Рис. 2. Установка для растяжения

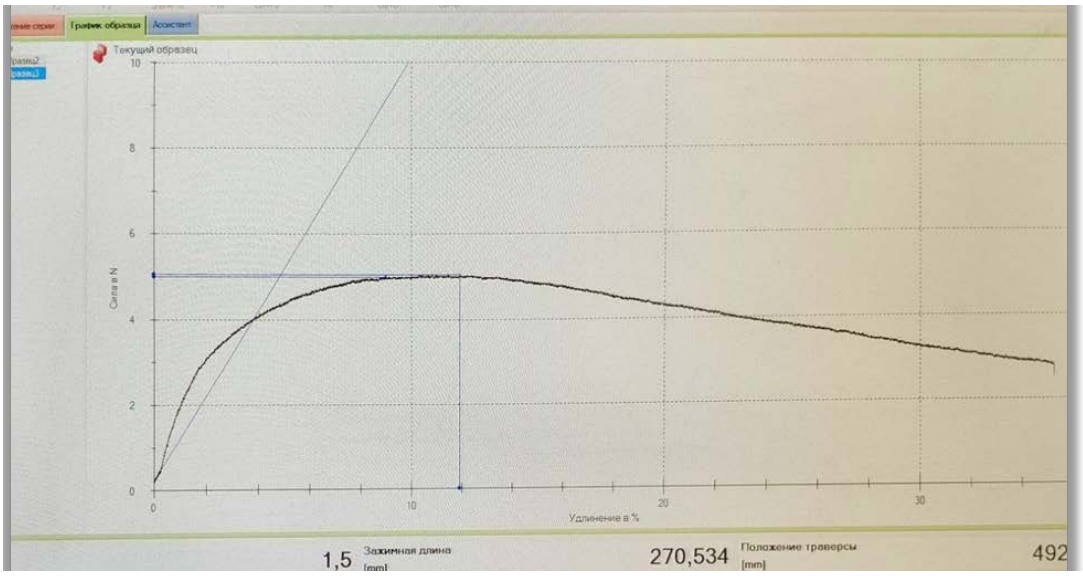


Рис. 3. График растяжения образцов

Подобный битум можно использовать для кровельных покрытий, для дорожного полотна, так как он обеспечивает высокий рабочий диапазон температур, повышенную эластичность, понижение образования трещин.

Вывод

Таким образом, для решения разных задач битум можно модифицировать подходящими полимерными добавками, которые могут обеспечить повышение характеристик, что позволит улучшить качество продукта, долговечность материала. Можно отметить, что для подобных модификаций подходит использование полимеров в виде отходов, например, в данной работе для получения модифицированного битума были использованы автомобильные камеры. Используя полимерные отходы, можно понизить затраты на модификацию битума, при том, что получается высокоэффективный материал, который сможет обеспечивать нужные эксплуатационные свойства.

Список литературы

1. Абдулин А.И., Емельянычева Е.А. Изучение влияния полимерных добавок на свойства битума. – 2012 г. С. 199-201.

2. ГОСТ 11505-75 – 1975. Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости // Принят постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР № 4072. – Москва, 1975. – 4 с.

3. ГОСТ 33138 – 2014. Дороги общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растяжимости // Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации. – М., 2014. – 13 с.

4. Композиции на основе битума, модифицированного продуктами химической переработки отходов полиэтилена // Ваганов Р.А. [и др.]. К., 2024. 17 с.

5. Лукьянова М.А. Обоснование рационального состава битумных вяжущих модифицированных резиновой крошкой // Cyberleninka.ru. 2015. URL: https://cyberleninka.ru/article (дата обращения: 14.02.2026).

Мартынюк В.С.
студент,
vova.martynyuk@inbox.ru
Научный руководитель: ***Черная И.В.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ИНТЕГРАЦИЯ RFID-МЕТОК В ИНТЕРАКТИВНУЮ УПАКОВКУ: ЗАЩИТА ОТ ПОДДЕЛОК И ОХРАНА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Аннотация. В статье рассматривается проблема недостаточной защищенности традиционной цифровой маркировки (Data Matrix, QR-код) от подделок и несанкционированного сбора персональных данных. Проведен сравнительный анализ RFID-меток и визуальных кодов по критериям цены, доступности, внедряемости и устойчивости к внешним воздействиям. Обосновано, что использование пассивных высокочастотных RFID-меток позволяет обеспечить скрытое размещение, криптографическую защиту и исключить потерю данных. Предложена концепция интерактивной упаковки для премиальной продукции с интеграцией RFID-метки между слоями картона. Показано, что технологический процесс может быть интегрирован в существующие линии с минимальными доработками.

Ключевые слова: RFID-метка; интерактивная упаковка; защита от подделок; персональные данные; цифровая маркировка; радиочастотная идентификация; премиальная продукция.

Введение

Современный рынок упаковочной индустрии демонстрирует устойчивый рост за счет внедрения цифровых технологий взаимодействия с потребителем. Одним из ключевых нововведений последних лет в России стала система обязательной маркировки «Честный знак» на основе двумерного штрихкода Data Matrix. Однако, несмотря на широкое распространение, данное решение обладает фундаментальными недостатками: визуальная открытость метки, легкость копирования и переклейки, а также потенциальная возможность сбора персональных данных конечного потребителя при сканировании. Для производителей премиальной продукции, ориентированных на сохранение репутации и защиту от контрафакта, назрела необходимость перехода к более совершенным технологиям – радиочастотной идентификации (RFID).

Целью работы является разработка концепции интерактивной упаковки с использованием RFID-метки, позволяющей повысить уровень защиты продукции от подделок и обеспечить безопасный цифровой канал взаимодействия с потребителем. В работе решаются задачи анализа существующих решений, сравнительной оценки технологий и практической реализации образца упаковки.

Сравнительный анализ RFID и альтернативных систем маркировки (табл.)

Таблица

Сравнение устойчивости QR-кода и RFID-метки к внешним воздействиям

Условие	QR-код / Data Matrix	RFID-метка
Повышенная влажность	Бумажный носитель размокает, код повреждается	Защищенные метки (IP67, IP68) работают стабильно
Грязь, царапины, истирание	Код становится нечитаемым	Метка продолжает работать (радиочастотное считывание)
Низкие температуры (холодильники, морозилки)	Бумага становится хрупкой, возможна конденсация	Специальные метки работают до -35°C
Наличие металла	Не влияет	Может экранировать сигнал (требуются антиметаллические метки)
Массовое сканирование	Невозможно (каждый код сканируется отдельно)	До 100–200 меток в секунду

Анализ проблем традиционной цифровой маркировки

Традиционные цифровые метки (QR-код, Data Matrix) обладают четырьмя группами фундаментальных проблем:

1. Потеря данных и несанкционированное считывание. Любой человек со смартфоном может считать код.

2. Подделка и копирование. Злоумышленник может скопировать существующий код, проанализировать алгоритм генерации или аккуратно переклеить оригинальную метку.

3. Легкая повреждаемость и низкая долговечность. Метки малого размера (10×10 – 30×30 мм) уязвимы к истиранию, царапинам, залитию жидкостью, разрыву, выцветанию и отклеиванию.

4. Проблемы распознавания. Для считывания требуются высокое качество печати, достаточное освещение, правильный угол, отсутствие загрязнений и бликов, недеформированная упаковка.

Принцип работы и выбор типа RFID-метки

RFID-система состоит из метки (чип + антенна), считывателя и информационной системы. Считыватель излучает радиочастотный сигнал, метка активируется и передает закодированную информацию.

Разработка концепции интерактивной упаковки

Предложена конструктивная схема упаковки для премиального алкогольного напитка. Упаковка представляет собой картонный короб с внутренними перегородками. RFID-метка размещается скрыто – между внешним печатным слоем и внутренним гофрированным картоном. Такое размещение исключает механическое повреждение и визуальное обнаружение метки, но не экранирует радиосигнал.

Технологический процесс изготовления включает: печать внешнего слоя, высечку и биговку, нанесение RFID-метки на клеевой слой, ламинирование с внутренним картоном, склеивание короба и программирование меток (запись уникального идентификатора).

Заключение

В результате проведенного исследования подтверждена рабочая гипотеза:

Интеграция RFID-метки в конструктив упаковки устраняет ключевые недостатки визуальных кодов: скрытое размещение затрудняет подделку, отсутствие обязательного перехода по ссылке исключает несанкционированный сбор персональных данных.

Предложенные решения для премиальных категорий товаров позволяют повысить доверие потребителей за счет гарантированной аутентичности и создать дополнительные конкурентные преимущества производителя.

Список литературы

1. Члиянц Г. Создание телевидения // QRZ.RU: сервер радиолюбителей России. 2004. URL: http://www.qrz.ru/articles/article260.html (дата обращения: 15.03.2026).

2. Головина Т.П. Интерактивная упаковка как инструмент маркетинга и коммуникации. СПб.: Университет ИТМО, 2025. 112 с.

3. Tebaldi L., Bigliardi B., Bottani E. RFID in FMCG retail 4.0: a systematic literature review // Supply Chain Management. 2023. Vol. 28. No. 4. P. 677–698.

4. Чэнь С., Ли В. RFID-технология в интеллектуальной упаковке: обзор и перспективы // Next Materials. 2025. № 2. С. 45–59.

Литарева В.Е.
студент
Научный руководитель: ***Ворожцов А.В.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
vilievkaz08@gmail.com

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ МЕРОПРИЯТИЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ УПАКОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ С ЗАДАННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Разрабатывается программа мероприятий по повышению качества упаковочных решений, изготавливаемых лазерной резкой. Актуальность – обеспечение стабильных эксплуатационных характеристик (точность резки, чистота кромки реза) для широкого спектра материалов. Для лазера GH1610 CO_2 выполнены: обеспечение безопасности, оптимизация рабочего места, организация хранения, опыт резки EVA и кашированного картона, система позиционирования. Планируются: подбор параметров реза для всех материалов, документация, математическая модель затрат, тестовый образец упаковки. Результаты полезны для производства упаковки и оснастки.

Ключевые слова: лазерные технологии; упаковочные решения; качество продукции; CO_2лазер; параметры лазерного реза; эксплуатационные характеристики; оптимизация производства.

В настоящее время лазерные технологии активно внедряются в производство для вариативных упаковочных решений благодаря высокой точности, бесконтактной обработке и возможности резки сложных контуров и технологический потенциал при тестировании новых конструкций упаковки без затрат на оснастку при изготовлении штанцформ для вырубки. Однако для достижения заданных эксплуатационных характеристик (чистота кромки, минимальная зона термического влияния, повторяемость размеров) необходима системная программа мероприятий, охватывающая проблемы безопасности, организации рабочего места, экспериментального подбора с документированием результатов технологических параметров для различных материалов и введение стандартов работы на их основе.

Работа имеет прикладной характер в области повышения качества упаковочной продукции и оснастки с использованием лазерного оборудования для резки GH1610 CO_2 (производства Gbos Laser) [1], по запросу компании по производству упаковки ООО «Артбокс».

На данный момент исследования выполнены не в полном объёме, однако проведён ряд важных этапов, формирующих основу для последующей разработки программы мероприятий.

В рамках подготовительного этапа оптимизации производства для лазера GH1610 CO_2 [1] были реализованы следующие мероприятия:

Обеспечение безопасности – установлены защитные кожухи, блокировки открытия крышки, средства индивидуальной защиты оператора (маска со сменными фильтрами при выполнении работ, связанных с продуктами горения и мелкодисперсными частицами), проведён инструктаж.

Оптимизация рабочего места – был произведен перенос лазерного оборудования с одного из наиболее интенсивных маршрутов передвижения различных элементов производства в отдельную зону, изолированную от маршрутов транспортировки (Схемы зонирования до перестановки и после указаны на рис. 1 и 2, фото рабочего места после перестановки представлено на рис. 3).

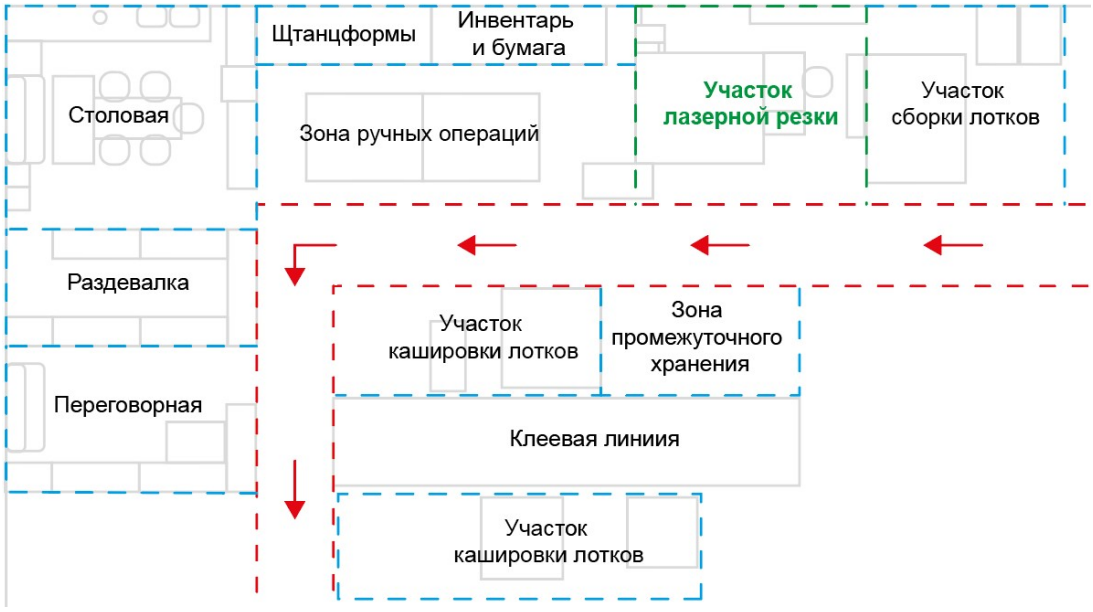


Рис. 1. Зонирование до перепланировки производственного помещения

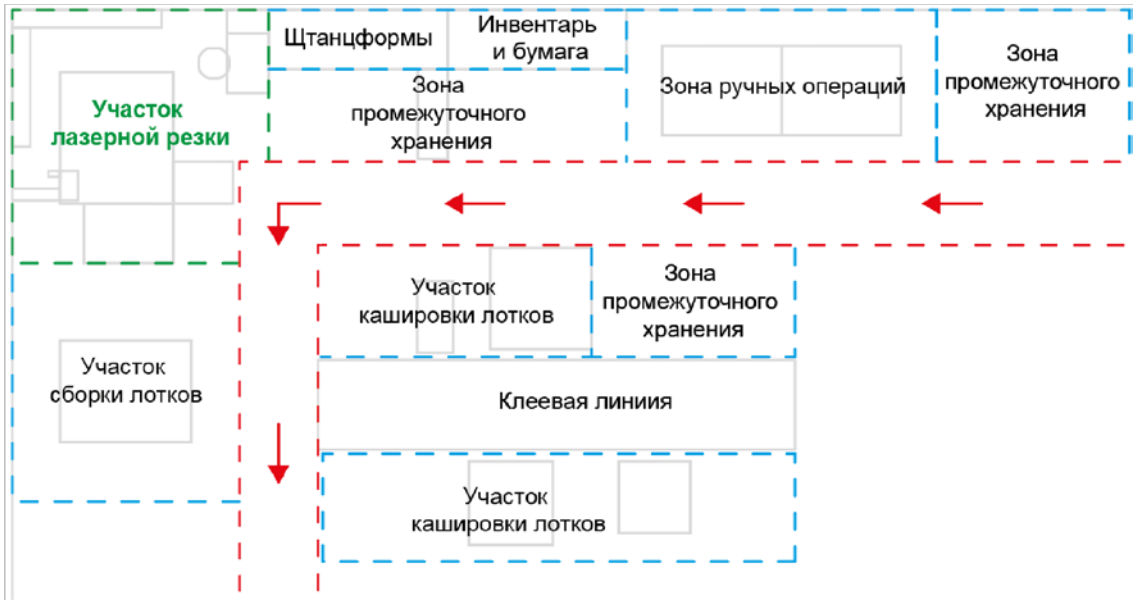


Рис. 2. Зонирование после перепланировки производственного помещения

Рис. 3. Рабочее место после перестановки лазерного станка и организации мест хранения

Замена системы вытяжки – организован пост обработки, смонтирована система удаления продуктов абляции;

Оптимизация хранения материалов для производства упаковки с применением лазерного оборудования – произведена сортировка по видам, идентификация, маркировка и организовано систематизированное хранение на производстве в оперативной доступности от зоны лазерной резки.

Проведены практические опыты, на основании которых получены экспериментальные результаты по определению толщины лазерного реза для трех видов материалов:

– полиэтиленвинилацетат (EVA) твёрдостью 55 шор с клеевым слоем и силиконовой бумагой [3];

– кашированный с двух сторон дизайнерской бумагой переплётный картон толщиной 2 мм;

– целлюлозный картон KAMA STRONG GC-2, 250 г/м2 [4].

Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерения толщины (ширины) лазерного реза

№	Материал	Толщина материала, мм	Режим (мощность/ скорость), (%)/ (мм/с)	Ширина реза средняя, мм	Визуальная оценка качества кромки
1	EVA 55 [3]	10,00	70 / 25	1,05	Ровная, без оплавления
2	Кашированный картон с двух сторон (переплётный 2 мм + 2х	2,36	60 / 30	0,3	Чистая, незначительное потемнение
	бумага FRESH 120 г/м^2 [2])				
3	KAMA STRONG GC-2, 250 г/м^2 [4]	0,38	40 / 50	0,35	Чистая, с минимальным потемнением

Для измерений были подготовлены макеты в 3-ёх экземплярах размерами 50 на 50 мм и вырезаны на лазерном станке. Далее был произведён замер по двум сторонам (рис. 4) цифровым штангенциркулем DVC150 производства Thorvik [6] и вычислена средняя толщина реза для каждого материала.

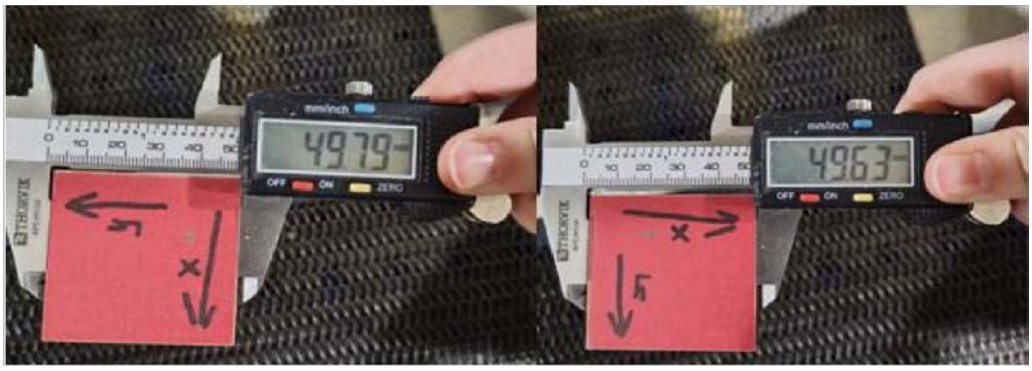


Рис. 4. Пример замеров толщины реза

Для полного достижения поставленной цели – повышения качества продукции при производстве упаковочных решений с заданными эксплуатационными характеристиками, при дальнейшем проведении исследования будут реализованы следующие эксперименты:

1. Получение экспериментальных результатов по определению толщины лазерного реза для следующих упаковочных материалов, используемых на производстве:

- переплётного картона разнообразной вариативной толщины;
- бумаг с различной массой квадратного метра (поверхностной плотности) и отделкой (офсетная, мелованная, дизайнерская, с ламинацией);
- целлюлозного картона; о вспененных полимерных материалов толщиной от 3 до 10 мм (изолон, EVA разных толщин, поролон);
- оргстекла (акрил 3 мм); о фанеры различной толщины (3, 4, 8 мм).

2. Определение технологических параметров реза (мощность, скорость, частота импульсов, количество проходов) для каждого из вышеуказанных материалов применительно к производству упаковки и оснастки для упаковочного оборудования.

3. Создание документации на основе результатов опытов для оптимизации производственного процесса: технологические карты лазерной резки, инструкции по настройке лазерного оборудования для резки GH1610 CO_2, перечень контрольных точек качества.

4. Разработка математической расчётной модели производственных затрат для внедрения в программное обеспечение ASystem [5] (нормирование производственного плана и стоимости работ). Модель должна учитывать время резки, расход электроэнергии, износ оптики и системы вытяжки, стоимость материала и амортизацию оборудования.

5. Определение производственных затрат при создании образца упаковки (например, подарочного короба или защитного ложемента из вспененного материала) с использованием выбранных параметров реза.

6. Создание тестового образца упаковки по оформленной документации для оценки объективности применяемых решений. Образец будет подвергнут параметрическому контролю по геометрии, внешнему виду, прочности кромок и удобству сборки.

Итоговым результатом проводимого исследования будут таблицы с рекомендациями по технологическим режимам реза для различных групп упаковочных материалов (пример представлен в таблице 2).

Таблица 2

Планируемые параметры реза для группы материалов (фрагмент)

№	Материал	Толщина, мм	Диапазон мощности, %	Диапазон скорости, мм/с	Целевое качество
1	Переплётный картон	1,5 – 3,0	50 – 80	20 – 40	Отсутствие обугливания
2	Изолон	2 – 10	20 – 50	30 – 60	Равномерный рез без грата
3	Оргстекло	2 – 5	40 – 70	15 – 30	Прозрачная кромка, без матовости
4	Фанера	3 – 6	70 – 95	10 – 20	Минимальный нагар

Ожидаемые результаты

По завершении перечисленных исследований будет сформирована программа мероприятий для компании ООО «Артбокс», включающая:

- нормативно-техническую документацию;
- базу параметров реза для основных материалов, используемых в производстве упаковки;

- модель расчёта затрат в ПО ASystem [5];
- экспериментальный образец упаковки, подтверждающий достижение заданных эксплуатационных характеристик.

Реализация программы позволит повысить стабильность качества, снизить долю брака при лазерной обработке и обеспечить экономическую эффективность производства упаковочных решений.

Список литературы

Лазерный станок GH1610 CO□. Официальный сайт Gbos Laser.

1. URL: https://www.gboslaser.com/ru/модель-продукта/gh1610#materials (дата обращения 10.04.2026).
2. Дизайнерская бумага FRESH 120 г/м² для каширования. Официальный сайт Doublev. URL: https://doublev.ru/catalog/perepletnyematerialy/bumajniy_pereplet/fresh/?offer=9865 (дата обращения 12.04.2026).
3. Пористая резина EVA (EVAplast). Официальный сайт RUFOM. URL: https://rufom.tech/produktsiya/poristaya-rezina/eva-evaplast/ (дата обращения 13.04.2026).
4. Картон KAMA STRONG GC 2. Официальный сайт ПолиграфТорг. URL: https://poligraftorg.ru/karton/kama-strong-gc-2.php (дата обращения 13.04.2026).
5. Официальный сайт компании Monorhythm. URL: https://monorhythm.ru (дата обращения 13.04.2026).
6. Штангенциркуль цифровой Thorvik DVC150, 150 мм. Официальный сайт Thorvik. URL: https://www.thorvik.ru/catalog/item/012003/663299032/dvc150shtangentsirkul-tsifrovoy-150-mm-thorvik (дата обращения 15.04.2026).

Королев Е.Ю.
студент
Научный руководитель: ***Латыпов Р.А.***
д.т.н., профессор
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
qwertyice19@yandex.ru

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЯНУЩИХ РОЛИКОВ УСТАНОВКИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ НАПЛАВКОЙ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ГОРЯЧЕЙ ПРОВОЛОКИ

Аннотация. Перспективность и рост объемов применения технологии непрерывной разливки стали определяются целым комплексом присущих ей преимуществ. Производительность и эффективность машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) и установок непрерывной разливки стали (УНРС), обеспечивающих данную технологию, связаны с необходимостью ремонтов, обусловленных, в первую очередь, стойкостью роликов. Отсюда актуальность задачи применения высокоэффективных наплавочных материалов и технологии восстановительной наплавки роликов. Эффективность восстановления роликов УНРС определяется стоимостью наплавочного материала, производительностью процесса, необходимой толщиной наплавляемого слоя, энергоемкостью всех этапов технологии, стоимостью монтажных работ, простоем оборудования.

Ключевые слова: наплавка под слоем флюса; дополнительная горячая проволока; установка непрерывной разливки стали.

Установка непрерывной разливки стали применяется для получения из жидкой стали слитков-заготовок (для прокатки, ковки или прессования), формируемых непрерывно по мере поступления жидкого металла с одной стороны изложницы-кристаллизатора и удаления частично затвердевшей заготовки с противоположной стороны. Типовая схема установки непрерывной разливки сталей приведена на рисунке 1. Жидкая сталь 2 поступает из разливочного ковша 1 в УНРС, оснащенную медным водоохлаждаемым кристаллизатором 3, который имеет сквозное прямоугольное отверстие, где жидкий металл кристаллизуется, образуя по внутреннему периметру кристаллизатора твердый слой, способный скользить по его стенкам. После выхода из кристаллизатора затвердевающая часть непрерывного слитка поступает в канал, образованный поддерживающими вращающимися роликами 4 (рис. 1). Ролики обеспечивают целостность затвердевшего наружного слоя слитка под действием гидростатического давления жидкого металла, а в УНРС радиального типа ролики еще и изгибают затвердевший слиток в виде сляб-ленты. Вторая функция роликов – уплотнение горячей сляб-ленты гидравлическим поджимом 5. Для вытягивания сляб-ленты из кристаллизатора предназначена тянущая клеть 6, также состоящая из тянущих роликов. Полученная сляб-лента поочередно разрезается газокислородным резаком 7 на слитки, поступающие на участок горячей прокатки.

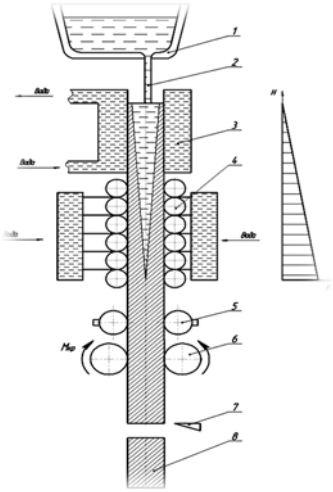


Рис. 1. Схема разливки металла в установке непрерывной разливки сталей:
1 – разливочный ковш; 2 – разливаемый металл; 3 – кристаллизатор; 4 – вращающиеся ролики; 5 – гидравлический поджим; 6 – тянущая клеть; 7 – отрезное устройство (p, H – максимальное гидростатическое давление и высота столба жидкой стали в УНРС)

Поддерживающие, обжимающие и тянущие ролики – основной технологический инструмент при непрерывной разливке стали в УНРС. В составе одной УНРС работает до 60 роликов. Ролики УНРС имеют длину до 3,5 м, диаметр до 400 мм, массу до 2 т. Они изготовлены из теплоустойчивой хромомолибденованадиевой стали 24ХМ1Ф, высокие жаропрочные свойства которой обусловлены выделением высокотемпературных карбидов ванадия (Тпл = 2800 ºС, ΔGEquation Section (Next)~9000x.p VC = 0 кДж/моль, что свидетельствует о повышенной термостойкости), стабилизирующих карбидную фазу.

Ролики работают в сложных условиях, обусловленных двумя основными факторами.

Первый фактор – повышенная рабочая температура поверхности: у тянущих роликов она достигает 500 °С, а у роликов, входящих в поддерживающие и разгибающие секции – 670 – 750 °С. Этот тепловой режим обеспечивается нагревом вследствие контакта с горячим металлом и охлаждением проточной водой, проходящей в центральном отверстии ролика, а также струями воды на сляб-ленту и поддерживающие ролики. При повреждении системы внутреннего охлаждения ролика происходит его перегрев и ускоренный выход из строя. Температура поверхностного слоя роликов вдоль образующей при входе в контакт со сляб-лентой в зоне кристаллизатора, имеющей температуру 1400 – 1500 °С, повышается, а при выходе из контакта в результате поворота ролика несколько снижается. Средняя температура

ролика составляет 400 – 500 ºС. Цикличность колебания температуры зависит от скорости движения сляб-ленты (0,5 – 6,0 м/ч) и скорости вращения роликов (0,4 – 10,0 об/мин).

Второй фактор – силовой. Он создается изгибающими моментами от распределенной нагрузки в виде давления столба жидкого металла и при изгибе сляб-ленты, а также крутящим моментом тянущих роликов. В пересчете на сосредоточенную нагрузку в центре длины бочки ролика усилие изгиба достигает 2-4 т. Вращение роликов вызывает знакопеременные напряжения с частотой, равной частоте вращения. В совокупности, это в том числе приводит и к износу поверхности бочки ролика, которая вступает в контакт с поверхностью сляб-ленты.

При совместном воздействии вышеперечисленных факторов нередки случаи преждевременного выхода из строя роликов из-за образования поверхностных трещин либо хрупкого разрушения в результате развития трещин в средней части длины бочки ролика (рис. 2 и 3).

а *б*

Рис. 2. Фрагмент ролика, хрупко разрушившегося в процессе эксплуатации: а – дефекты рабочей поверхности ролика; б – вид излома

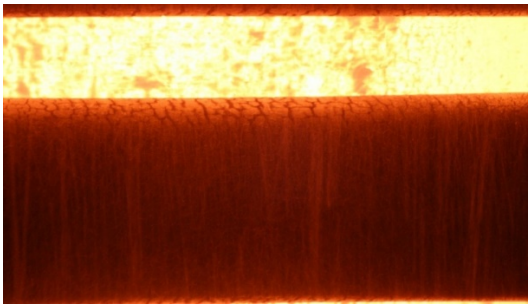


Рис. 3. Дефекты рабочей поверхности ролика после эксплуатации

Средняя наработка роликов составляет 3500 плавок. Из-за возникающих переломов роликов этот показатель может снизиться до 2079 плавок (6 мес.).

Такие разрушения приводят к нарушению непрерывного процесса разливки большой массы жидкого металла, значительным материальным потерям и имеют место в практике разливки стали во всех странах мира. Для восстановления принимаются ролики с износом рабочей поверхности ролика не более 8 мм на диаметр.

Не принимаются ролики со следующими дефектами:

- разрушение ролика;
- сколы глубиной более 10 мм;
- следы от газорезки глубиной более 10 мм;
- износ рабочей поверхности более 8 мм;
- сетка трещин на рабочей поверхности, распространяющихся в тело ролика глубже, чем на 3 мм;
- трещины глубиной более 10 мм на всех остальных поверхностях, кроме рабочей.

При обнаружении дефектов (трещин, раковин, пор) на глубину, превышающую 20 мм, ролик отбраковывается.

Из всех видов сварки и наплавки плавлением значительная роль принадлежит сварке и наплавке под флюсом. Одним из путей увеличения производительности процесса и улучшения качества соединения при сварке и наплавке является повышение тепловой эффективности процесса за счет более полного и рационального использования тепловой энергии дуги.

Известно, что при обычной сварке и наплавке под флюсом значительная часть тепловой мощности дуги используется нерационально. В связи с этим, сварное соединение (наплавленный слой) образуется при излишнем тепловложении, что приводит, с одной стороны, к снижению качества соединения (ухудшению структуры и механических свойств, увеличению деформаций и образованию горячих и холодных трещин) и, с другой стороны, к невозможности дальнейшего повышения производительности за счет увеличения тепловой мощности дуги (существует известное ограничение по току).

При сварке и наплавке плавящимся электродом тепловая энергия дуги идет как на проплавление основного металла, так и на расплавление электродной проволоки. Плавящаяся электродная проволока является одновременно носителем энергии и присадочным металлом. Данное сочетание функции электродной проволоки позволило существенно упростить процесс сварки и наплавки (по сравнению с неплавящимся электродом), повысить допускаемое значение сварочного тока. Однако в этом случае теряется главное преимущество, присущее способу сварки неплавящимся электродом – возможность гибкого и независящего от режима сварки регулирования глубины проплавления и доли основного металла в шве путем введения в зону сварки присадочной проволоки.

В настоящее время существует несколько способов расширить диапазон режимов сварки и наплавки и, соответственно, перераспределить затраты тепла дуги, идущие на расплавление основного и присадочного металлов. Один из них – сварка (наплавка) с дополнительным присадочным материалом (ДПМ) (рис. 4).

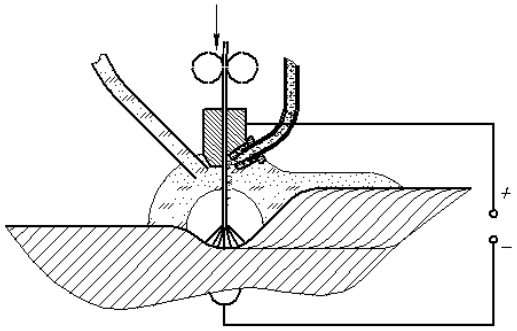


Рис. 4. Наплавка с использованием дополнительного присадочного материала

Под ДПМ понимается ненесущий электрического заряда присадочный металл, подаваемый в зону сварки плавлением. Применение ДПМ предполагает наличие резерва тепла при сварке, под которым понимаются, имеющие место при сварке, потери тепла дуги. Необходимо оценить потери и определить количество ДПМ, которое можно расплавить за счет этого резерва.

При наплавке процесс должен протекать таким образом, чтобы нагревать и расплавлять минимально необходимое количество основного металла. Излишнее количество нагретого и расплавленного основного металла не только вызывает бесполезный расход энергии и времени, но и увеличивает зону структурных превращений в металле, повышает степень деформации изделия при наплавке и приводит к другим нежелательным последствиям.

Результаты исследований показали, что при наплавке с использованием ДПМ на вылет электрода диапазон токов и скоростей наплавки значительно возрастает. Этот фактор говорит о том, что детали типа тел вращения с большим диаметром, такие как тянущие ролики, опорные катки, крановые колеса и т.п. можно наплавлять на больших токах и скоростях, что повышает производительность в 3-5 раз при наименьших затратах на электроэнергию.

Увеличение количества ДПМ при наплавке положительно сказывается как на производительности процесса, так и на других технологических и энергетических характеристиках процесса, растет коэффициент расплавления.

Преимущества:

– хорошее качество наплавленного слоя,
– высокая производительность.
– Недостатки:
– требуется дополнительная оснастка;
– повышенная трудоемкость (подготовка крупки),
– может применяться только для наплавки под флюсом с большим объемом сварочной ванн.

Одной из разновидностей наплавки с применением ДПМ является способ наплавки, предусматривающий наряду с подачей электродной проволоки ввод дополнительной горячей присадки (ДГП) в виде проволоки в хвост сварочной ванны и, тем самым, увеличивающий коэффициент наплавки (рис. 5).

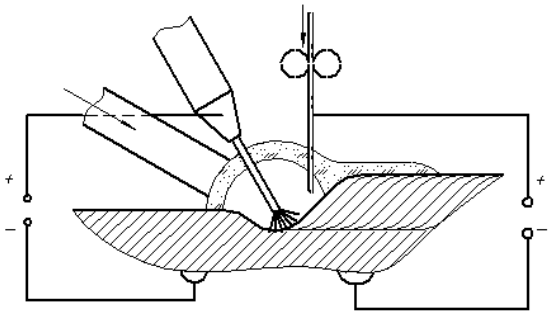


Рис. 5. Наплавка с использованием дополнительной горячей присадки

В способе наплавки с ДГП ввод проволоки более локален по сравнению с вводом гранул в качестве присадки, что позволяет применять наплавку в защитных газах, имеющую малый объем ванны.

Этим способом достигается повышение качества наплавки и производительности процесса путем уменьшения тепловложения и, следовательно, глубины проплавления детали при одновременном увеличении коэффициента наплавки. При этом учитывается, что в сварочной ванне температура превышает необходимую для процесса наплавки на 400-500 °С. Этот резерв тепловой энергии использовали для расплавления присадки, подаваемой в сварочную ванну.

Исследования такого процесса показали, что вследствие малой глубины наплавочной ванны и кратковременности процесса ее взаимодействия с присадкой в ванне усваивается не более 10 % присадки от расхода электродной проволоки. Для увеличения доли присадки в наплавке металла производили электроконтактный нагрев присадки на вылете до температуры 1000-1200 °С.

Ввод ДГП снижает ширину зоны термического влияния, рост зерна и измельчает кристаллы в наплавке.

Особо благоприятные условия создаются для легирования наплавленного слоя при вводе легирующих элементов в составе ДГП, что исключает их окисление. При этом снижается насыщение шва водородом на величину, пропорциональную доле ДГП в наплавке. Уменьшение зоны нагрева наплавляемой детали приводит к снижению остаточных напряжений.

Преимущества:

– высокое качество наплавленного слоя,
– высокая производительность,
– уменьшение глубины проплавления основного металла,
– экономия электроэнергии,
– повышение стойкости против образования горячих и холодных трещин,
– повышение твердости и износостойкости при дополнительном легировании.

Недостатки:

– требуется дополнительная оснастка.

После анализа вышеперечисленных методов можно сделать вывод, что наиболее приемлемым способом восстановления деталей с большой степенью износа (например, тянущего ролика) является наплавка под флюсом с использованием дополнительной горячей присадки в виде проволоки (ДГП).

Наплавка с ДГП, несмотря на некоторое усложнение конструкции оборудования, позволяет наплавлять на тянущий ролик металл при малом тепловложении и в большинстве случаев за 1-2 прохода.

Наряду с повышением качества наплавки, заметно возрастает производительность. Наплавка с ДГП позволяет повысить производительность процесса до 250 % при снижении глубины проплавления в 2–3 раза и экономии электроэнергии на 40 %.

Электродуговую наплавку под флюсом с использованием дополнительной горячей присадки ролика УНРС выполняли на модернизированной установке УМН – 4, которая оборудована серийной самоходной головкой АБС для сварки под флюсом. Контроль режима наплавки осуществляется амперметром и вольтметром, установленными на пульте управления.

При проведении исследований установлено, что ввод горячей присадки охлаждает перегретую ванну, увеличивает давление ее гидростатического столба и увеличивает производительность процесса. Установлено также, что наличие горячей присадки, приблизительно в 4 раза снижает скорость охлаждения сварочной ванны и, следовательно, уровень остаточных напряжений.

При наплавке под флюсом подача ДГП в хвост сварочной ванны значительно снижает закалочную структуру в около шовной зоне. При этом твёрдость изменяется более плавно в сравнении с наплавкой без ДГП. Испытания покрытий на износостойкость показали, что износостойкость проволоки Св – 12Х15Г2 приблизительно на 10,3 % выше износостойкости проволоки Св – 20Х13. При этом отмечено, что покрытие из проволоки Св – 12Х15Г2 является более стойким к трещинообразованию.

В результате проведенных исследований разработана технология восстановления тянущих роликов УНРС электродуговой наплавкой с ДГП под слоем флюса, основными операциями которой являются мойка, дефектация, предварительная механическая обработка, наплавка, термообработка, механическая обработка в размер, контроль качества.

Список литературы

1. Акулов А.И., В.П. Алехин., С.И. Ермаков. «Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки». – М.: Машиностроение, 2003.
2. Годовой отчет лаб. № 9 ВНИИТУВИД «Ремдеталь» за 2004 год.
3. Ивочкин И.И., Малышев Б.Д. «Сварка под флюсом с дополнительной присадкой». – М.: Стройиздат, 1981. – 175 с., ил.
4. Каталог «Оборудование для восстановления деталей» под редакцией Кононогова А.М. – М. ВНИИТУВИД «Ремдеталь», 1990. – 40 с., ил.
5. Макаров Э.Л. «Холодные трещины при сварке легированных сталей». – М.: Машиностроение, 1981. – 247с., ил.
6. Макаров Э. Л., Якушин Б. Ф. «Теория свариваемости сталей и сплавов», 2014.
7. Металловедение и термическая обработка стали. В 3-х томах М.: Металлургия, 1983.
8. «Работы в области восстановления и упрочнения деталей» под редакцией Лялякина В.П. – М. ВНИИТУВИД «Ремдеталь», 1991. – 104 с.
9. «Труды ВНИИТУВИД «Ремдеталь» под редакцией Лялякина В.П. – М. ВНИИТУВИД «Ремдеталь», 1999. – 272 с.
10. Филимонов Б.В., Кудников В.Д., Жевнев С.А. «Применение наплавки при изготовлении крупногабаритных деталей машин». – Сварочное производство, 1983, № 7.
11. Черноиванов В.И., Зусманович Г.Г. «Восстановление изношенных деталей автомобилей, тракторов и сельхозмашин. Обзорная информация. Материально-техническое снабжение. Серия 5. Рациональное использование материальных ресурсов. – М.: ЦНИИТЭМС, 1982, 47 с.
12. Якушин Б.Ф., Цирков П.А. Особенности технологии дуговой наплавки роликов для установок непрерывной разливки сталей // Сварка и Диагностика. 2009. № 5. С. 35-40.

Кирюхин М.В.
студент,
kiryukhin_mikhail@mail.ru
Научный руководитель: ***Андреева Л.П.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШНЕКА ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТИПА ТШ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ

Аннотация. В сельском хозяйстве шнековые транспортирующие конвейеры активно используются при транспортировке сыпучих материалов, в которых шнек является наиболее ответственным агрегатом. Одним из важнейших направлений обеспечения запасными частями машин и оборудования предприятий АПК является организация восстановления изношенных деталей. Долговечность и эффективность конвейера напрямую зависят от степени износа рабочих поверхностей транспортирующего шнека. Следует отметить, что абразивный износ составляет до 50 % всех проблем, связанных с износом компонентов машин в сельскохозяйственном секторе. Для восстановления и упрочнения рабочих поверхностей деталей машин и механизмов АПК активно применяют плазменная наплавка. Кроме того, одним из перспективных и экономически выгодных путей увеличения ресурса восстанавливаемых деталей является разработка функциональных композитных покрытий и их нанесение на рабочие поверхности деталей сельхозмашин.

Ключевые слова: шнек; плазменная наплавка; металлографические исследования; износостойкость.

На сегодняшний день серийные шнеки для транспортирующих конвейеров изготавливают из сталей, которые в закаленном состоянии имеют твердость 37-43 HRC и удовлетворительные показатели относительного удлинения δ = 6,5-7,2 %, но небольшой предел прочности = 880-1080 МПа. Однако величины данных технологических характеристик сталей не полностью гарантируют долгий срок службы шнеков.

Это создает потребность в усилении шнека через термическую или механическую обработку его рабочих поверхностей, а также за счет применения функциональных покрытий, повышающих его износостойкость. Наиболее распространенным видом изнашивания шнеков транспортирующих конвейеров является абразивное. При этом возникает высокая степень концентрации контактных напряжений, что подвергает поверхностный рабочий слой шнека интенсивному разрушению. Согласно проведенному статистическому анализу, износ рабочих поверхностей шнека данной категории оборудования колеблется в диапазоне от 0,1 мм до 5 мм.

Перед определением способа восстановления детали необходимо узнать величину износа ее поверхностей и отклонения от геометрической точности.

Необходимо осмотреть шнек, чтобы определить степень износа, повреждения или деформации, используя специальное оборудование для измерения деталей шнека и сравнения параметров со спецификациями производителя. Затем принимается решение о том, можно ли восстановить шнек или его следует заменить. Если он поддается восстановлению, принимается решение о соответствующем методе ремонта.

Повторная проверка детали после восстановления имеет решающее значение для обеспечения соблюдения всех заданных значений и подтверждения того, что ремонт привел деталь к приемлемым условиям эксплуатации.

Определение микротвердости покрытий проводили с помощью компьютеризированного микротвердомера КМТ-1 квадратной алмазной пирамидкой с углом при вершине 136°.

Нагрузка на индентор при различных испытаниях составляла 0,5; 1,0 Н. При проведении испытаний после очерчивания периметра отпечатка программа выводила на монитор значения микротвердости в МПа.

Измерение микротвёрдости покрытия производили через 5 мкм. Между центрами отпечатков вдоль зоны соединения и от поверхности вглубь основы металла, что позволило определить границы трех различных по микротвёрдости зон покрытия. Значение микротвёрдости определялось по результатам усреднения 10...15 замеров.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что средняя микротвёрдость образованного покрытия плазменной наплавкой из порошкового материала составляет 428,8 единиц по шкале Виккерса, в свою очередь, микротвёрдость основного материала (10Х18Н9Л) в среднем 236,6 по шкале Виккерса. Итог, микротвёдость покрытия в 1,8 раза больше, чем у основного материала.

Для металлографических исследований нанесенного слоя, были изготовлены микрошлифы по стандартной методике.

На рисунке 1 представлен внешний вид наплавленного валика и микрошлиф, подготовленный для исследований. Для определения границы покрытия с основным материалом травление образцов проводилась в 4 % спиртовом растворе азотной кислоты в течение 5...7 с, а для определения сплошности нанесенного покрытия образцы обрабатывались ее концентратом в течение 5...7 с. После этого их промывали проточной водой и просушивали.

А)

Б)

Рис. 1. Образец с покрытием:
А – внешний вид образца с наплавленным валиком; Б – микрошлиф

Результаты исследования микроструктуры образцов в виде фотографии представлен на рисунке 2.

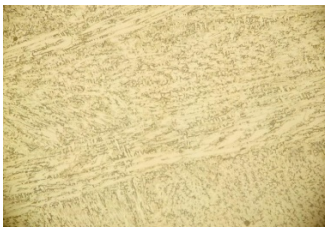


Рис. 2. Микроструктура покрытия и основы (сверху покрытие, снизу – основа), х500

Металлографические исследования зоны соединения образцов показали, что такие дефекты, как трещины в зоне соединения покрытия с основным металлом отсутствуют. Между покрытием и основным металлом после травления структуры прослеживается граница раздела.

Износостойкость покрытия оценивается в соответствии с ГОСТ 23.224- 86 «Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей»

по методу сравнительных экспресс-испытаний, который предусматривает определение соотношения интенсивностей изнашивания исследуемой поверхности и эталонной; они испытываются при заранее определенных идентичных условиях.

Для оценки износостойкости образцов с покрытием из порошкового материала, образованного плазменной наплавкой и эталонных образцов из стали 10Х18Н9Л, проводились исследования, моделирующие работу винтовой поверхности шнека с абразивом.

Для того, чтобы оценить износостойкость наносимых покрытий нужно провести триботехнические испытания обоих и на основании полученных данных сделать вывод о том, лучше ли покрытие, полученное методом плазменной наплавки, справляется с изнашиванием. Оба образца были помещены в идентичные условия испытаний.

Эти условия предполагают идентичную линейную скорость, время испытаний. Согласно теории трения, оптимальная нагрузка для них отличается, но именно она позволяет оценить интенсивность изнашивания образцов в моделируемых условиях.

Эталонный образец представлен в виде диска с внешним диаметром 47 мм, внутренним отверстием 16 мм и толщиной 6 мм. Изготовлен из стали 10Х18Н9Л, который является аналогом стали, из которой изготавливают шнек. Шероховатость поверхности – Ra 0,06 мкм (рис. 3).

Рис. 3. Внешний вид эталонного образца после исследования износостойкости

Образец с покрытием представляет собой пластину размером 2,5х25х30 мм из стали 10Х18Н9Л, на которую методом плазменной наплавки наплавлен порошковый материал. Наплавка осуществлялась при токе 150 А, скорость вращения детали – 8 об/мин, расход наплавочного порошка – 50-55 г/мин, общий расход плазмообразующего и защитного газов составляет 10 л/мин.

После наплавки для достижения плоскостности образованную поверхность механически обрабатывали фрезерованием.

Для удобства подготовки образца с покрытием к эксперименту (шлифовка поверхности образца до достижения шероховатости поверхности Ra 0,06 мкм) и закрепления в зажимном патроне трибометра из образца с покрытием был подготовлен модельный образец, который заливался в эпоксидную смолу с использованием оборудования пробоподготовки. Внешний вид модельного образца представлены на рисунке 4.

Рис. 4. Внешний вид модельного образца после исследования износостойкости

Для моделирования абразивного материала, встречающегося в процессе работы шнека, в качестве контробразца (в дальнейшем шариковый индентор) служил шарик диаметром 6 мм, изготовленный из керамического материала – Al2O3.

Испытания проходили при граничном трении при температуре окружающей среды (20±2)℃ и относительной влажности воздуха 40-45 %. В качестве смазки выступала вода, метод смазывания – капельное.

Оценка прирабатываемости сопряжений проводилась с использованием метода ступенчатого нагружения. Принцип достаточно прост: образец испытывают на низкой нагрузке (0,5-1 Н) непродолжительное время, пока коэффициент трения не стабилизируется. Как показывает практика, на это уходило примерно 5-6 минут. После того, как сопряжение приработалось, нагрузка незначительно поднималась и так продолжалось, пока коэффициент трения не терял свою стабильность. На каждой ступеньке повышение нагрузки было одинаковым, как и время выдержки. Линейная скорость движения стола во время испытаний установлена 2,68 см/сек. Данное значение так же было подобрано в соответствии с условиями работы шнека, а именно в соответствии со скоростью вращения его во время работы.

На протяжении всего испытания коэффициент трения и глубина дорожки фиксировались и заносились в график программой (рис. 5 и 6). После проведения ступенчатых испытаний, график коэффициента трения использовался для определения его значений на каждом шаге (каждой нагрузке) обработка этих результатов позволяет определить следующие параметры нагружения для каждого сопряжения:

– оптимальное значение нагрузки при минимальном коэффициенте трения (Р0);
– максимальное значение нагрузки для приработанной пары (Рмп);
– максимальное значение нагрузки для неприработанной пары (Рнп).

Рис. 5. Исследование на прирабатываемость сопряжения «эталон – шариковый индентор» при ступенчатых испытаниях

Рис. 6. Исследование на прирабатываемость сопряжения «покрытие – шариковый индентор» при ступенчатых испытаниях

Как только были получены значения нагрузок, оптимальных для каждой исследуемой пары трения, пришло время настоящих испытаний. Суть таких испытаний в длительном трении исследуемого образца с шариком для накопления износа.

Программа для работы с трибометром позволяет задавать только путь, который шарик пройдёт во время испытания, поэтому путём несложных вычислений, были определены значения пути трении в 2310 м, что позволит проводит испытания примерно 8 часов.

Программа так же постоянно фиксировала значения коэффициента трения μ и глубины дорожки трения h.

После проведения испытания, кроме фиксирования весового износа образцов и шарика, проводилась фиксация метрического износа, а именно величины следа на шарике и толщины дорожки на образцах в каждом сопряжении. Результаты представлены на рисунках 7−12. Результаты испытаний «эталон + шариковый индентор» и «модельный образец – шариковый индентор» при граничном трении показали, что нагрузки Р0, Рнп и Рмп у сравниваемых сопряжений практически одинаковы.

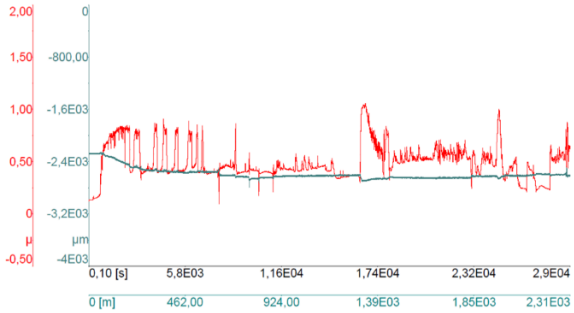


Рис. 7. Диаграммы изменения силы трения и глубины дорожки пары трения эталон – шариковый индентор

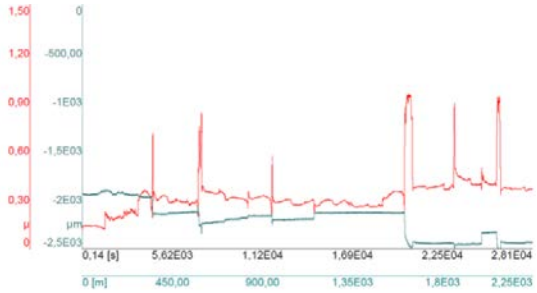


Рис. 8. Диаграммы изменения силы трения и глубины дорожки пары трения покрытие – шариковый индентор

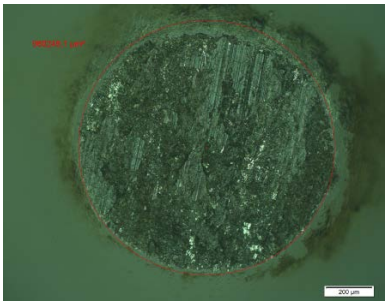


Рис. 9. Износ шарика после проведения испытания пары трения эталон – шарик

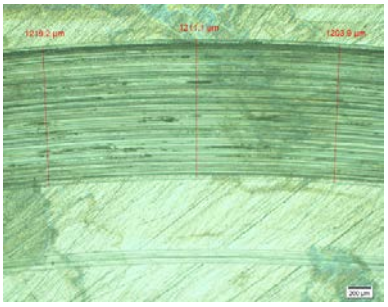


Рис. 10. Дорожка, образованная после проведения испытаний пары трения эталон – шарик

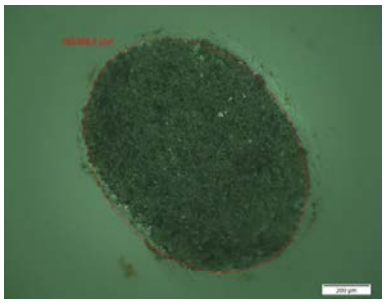


Рис. 11. Износ шарика после проведения испытания пары трения покрытие – шарик

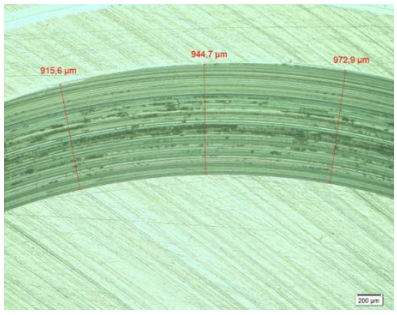


Рис. 12. Дорожка, образованная после проведения испытаний пары трения покрытие – шарик

Анализ результатов испытаний эталонных и восстановленных сопряжений на износостойкость в условиях граничного трения при моделировании работы в абразивной среде на трибометре TRB-S-DE показал, что контактирующая с абразивом восстановленная поверхность, по параметру интенсивности изнашивания – в 3 раза, а по параметру факторов изнашивания – в 4 раза превосходит эталонные поверхности.

После проведенных исследований была разработана технология восстановления шнека транспортирующего устройства типа ТШ плазменной наплавкой (табл.)

Таблица

Технология восстановления шнека транспортирующего устройства типа ТШ плазменной наплавкой

№	Наименование операции	Оборудование, материалы, режимы	Приспособление, инструмент
005	**Моечная** 1. Очистить деталь от грязи		
010	**Дефектовочная** 1. Провести внешний осмотр и дефектовку детали на наличие износов, зазоров, коррозии, внутренних трещин и других дефектов	Дефектоскоп ультразвуковой А1214 Expert.	Лупа лп-1-10х ГОСТ 25706-83; набор щупов № 2 ГОСТ 882-75; меры длины концевые плоскопараллельные ГОСТ 9038-90; линейка поверочная ГОСТ 8026-92; скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75
015	**Слесарная** 1. Зачистить повреждения, убрать заусенцы. 2. Подготовить поверхности под восстановление, обезжирить и протереть. 3. Закрыть поверхности, не подвергающиеся наплавке от возможных брызг металла	Машина ручная электрическая ГОСТ IEC 60745-2-4-2011.	Диск шлифовальный 125х22х1; щетка металлическая ГОСТ 28638-90; обезжириватель поверхности ГОСТ 7827-74; ткань асбестовая ГОСТ 6102-94. ветошь

Окончание таблицы

№	Наименование операции	Оборудование, материалы, режимы	Приспособление, инструмент
020	**Наплавочная** 1. Наплавить деталь методом плазменно-порошковой наплавки	Специализированная установка для плазменно-порошковой наплавки, порошок хромсодержащий. Режимы наплавки: скорость вращения детали -8 об/мин; ток наплавки – 150 А; расход наплавочного порошка 50-55 г/мин	Плазмотрон для автоматической установки для плазменно-порошковой наплавки
025	**Слесарная** 1. Снять укрывной материал. 2. Зачистить наплавленную поверхность от шлака и металлических капель.	Машина ручная электрическая ГОСТ IEC 60745-2-4-2011.	Молоток 7850-0101 Ц 15. хр ГОСТ 2310-77; щетка металлическая ГОСТ 10112-20015 Диск шлифовальный 125х22х1
030	**Токарная** 1. Точить наплавленную поверхность однократно	Токарно-винторезный станок 16К20	Резцы токарные, материал режущей части – ВК8
035	**Контрольная** 1.Произвести визуальный контроль восстановленных поверхностей. 2. Контролировать восстановленную деталь на наличие дефектов.	Дефектоскоп ультразвуковой А1214 Expert.	Лупа лп-1-10х ГОСТ 25706-83; набор щупов № 2 ГОСТ 882-75; меры длины концевые плоскопараллельные ГОСТ 9038-90; линейка поверочная ГОСТ 8026-92; скобы с отсчетным устройством ГОСТ 11098-75

Список литературы

1. Панов М.В. Шнековый транспортер для минимизации потерь зерна. Панов М.В, Панова Т.В: ФГБОУ ВО 243345, Брянская область, 2016 – С. 61–64.
2. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. М.,1983.- 487с.
3. Луцук, О.А. Капитальный ремонт шнековой пары экструдеров / О.А. Луцук // Полимерные материалы: изделия, оборудование, технологии.- 2015.- № 6.- С. 26-31.
4. Трифонов Г.И. Восстановление рабочих поверхностей шнека транспортирующих устройств плазменным напылением износостойкого композитного покрытия: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.20.03 – Москва, 2022. – 166 с.: ил.
5. В.С. Сивохин Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин: Монография / М.В. Соколов, А.С. Клинков, О.В. Ефремов, П.С. Беляев, В.Г. Однолько. М.: "Издательство Машиностроение-1", 2004. 248 с.
6. Ельцов В.В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов / В.В. Ельцов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. – 176 с.: пер.
7. Сварка металлов термины и определения основных понятий гост 2601 -84 1997. – 55 с.
8. А.К. Кузин. Технологический процесс восстановления шнеков питателей цементных силосов: бакалаврская работа: Тольятти, 2018.- 67 с.: ил.
9. Пузряков, А.Ф. Теоритические основы технологии плазменного газопия: учебное пособие / А.Ф. Пузряков – Москва: Изд-во МГТУ, 2003. – 360 с.
10. Романов И.В., Задорожний Р.Н. Оценка триботехнических свойств покрытия, полученного электроискровым упрочнением. Технический сервис машин. 2020. № 4 (141). С. 157-163.

11. В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин, И.Г. Голубев Организация и технология восстановления деталей машин – Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2016. – 569 с.
12. Лялякин В.П. Восстановление деталей – важнейший резерв экономии ресурсов // Вестник ОрелГАУ. – 2011, № 2. – С. 95-97.
13. Восстановление деталей машин: справочник / Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин, В. П. Иванов [и др.]; под ред. В. П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.

Дорофеев Е.А.
студент
Научный руководитель: ***Деев В.Б.***
д.т.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
e5105813@yandex.ru

АНАЛИЗ ВИДОВ ПАЙКИ ФОРСУНОЧНОЙ ГОЛОВКИ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ (ЖРД)

Аннотация. Современные ракетно-космические системы предъявляют крайне высокие требования к надежности, технологической эффективности и оптимизации массы своих ключевых компонентов, что обусловлено необходимостью обеспечения стабильной и долговременной эксплуатации в сложных эксплуатационных условиях. Среди таких компонентов камера сгорания жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) занимает особое место, поскольку в ней концентрируются процессы преобразования химической энергии топлива в тепловую и кинетическую энергию, формирующую реактивную струю. Особое значение в этой системе имеет форсуночная головка – элемент, обеспечивающий эффективное распыление топлива, формирование однородной топливно-окислительной смеси и устойчивое горение, что напрямую сказывается на энергетической отдаче и общей работоспособности двигателя. Качество изготовления и сборки форсуночной головки является ключевым фактором, влияющим на параметры двигателя, такие как полноту сгорания компонентов, стабильность его работы, распределение тепловых нагрузок по стенкам камеры, специфический импульс, а также на долговечность и надежность всей силовой установки в целом.
Ключевые слова: пайка, форсуночные головки камеры сгорания.

В работе было рассмотрено несколько видов пайки форсуночной головки камеры сгорания ЖРД, как печная пайка в инертных газах, печная пайка в вакууме и диффузионная пайка. Пайку настолько сложного узла камеры сгорания можно производить 3 видами пайки: печной пайкой в среде инертных газов, печной пайкой в вакууме и диффузионной пайкой.

Печная пайка в инертных газах

Печная пайка в среде инертных газов представляет собой технологический процесс, при котором компоненты и припой размещаются в герметичной камере печи. Вначале из камеры удаляется воздух, после чего она заполняется инертным газом, обычно аргоном. Далее печь проводит нагрев изделия в соответствии с заданным температурным режимом до определённой температуры пайки, затем выдерживает это состояние и осуществляет охлаждение – все этапы проходят в контролируемой атмосфере аргона.

К преимуществам данного метода относится обеспечение высокого и стабильного качества сварных соединений. Главным фактором здесь выступает отсутствие окислов: использование аргона способствует вытеснению кислорода и водяных паров, которые на практике являются основными причинами образования оксидных пленок на металлических поверхностях. Такой барьер препятствует нормальному растеканию припоя и снижает эффек-

тивность смачивания основы металла. Исключение окисных пленок является ключевым аспектом, влияющим на качество пайки.

Благодаря отсутствию окислов достигается равномерное и полное растекание припоя по всем имеющимся зазорам, что обеспечивает проникновение даже в очень узкие щели с размером до 0,05 мм. Этот капиллярный эффект способствует формированию прочных и герметичных соединений, что является решающим моментом для многих технических применений. В результате процесс обеспечивает чистоту шва, свободного от флюсовых включений, шлаков и пор, что особенно важно при эксплуатации в ответственных областях, таких как аэрокосмическая отрасль и вакуумные системы.

Данная технология также позволяет эффективно паять тугоплавкие и активные металлы. Многие из них, например, титан, цирконий, молибден, вольфрам и жаропрочные никелевые сплавы, при нагревании на воздухе быстро окисляются, образуя стойкие оксидные пленки, что зачастую делает пайку в обычной атмосфере невозможной. Применение аргоновой среды становится единственным способом обеспечить надёжное соединение таких материалов. Кроме того, метод хорошо подходит для пайки нержавеющих сталей, которые можно паять с активными флюсами, но после чего шов требует дополнительной очистки и остается подверженным коррозии.

Существенным достоинством является возможность осуществлять пайку без использования флюсов, что исключает наличие коррозионно-активных остатков на соединении. Это сокращает время и затраты на последующую промывку деталей, а также снижает риски загрязнения шва, которые могут привести к центрам коррозии или снижению вакуумной плотности. Безфлюсовая пайка способствует повышению безопасности процесса за счёт отсутствия вредных паров и испарений, присущих традиционным флюсам.

Процесс пайки отличается высокой повторяемостью благодаря программному управлению тепловым циклом, которое предусматривает регламентирование скорости нагрева, температуры выдержки, времени и алгоритмов охлаждения. Это обеспечивает стабильность качества изготовления как первой, так и тысячной детали. Кроме того, возможность одновременной загрузки большого количества изделий в камеру печи позволяет увеличить производительность, что выгодно при серийном производстве.

Равномерное нагревание изделия в печи, в отличие от локального воздействия горелки, существенно снижает риск возникновения внутренних напряжений и минимизирует деформации, например, коробление тонкостенных компонентов или изделий сложной геометрии. Этот аспект особенно важен для сохранения геометрической точности и долговечности изделий.

Дополнительно следует отметить комплексность технологии: в одном устройстве могут быть объединены несколько технологических операций, таких как отжиг для снятия внутренних напряжений, пайка, а при необходимости – закалка, что оптимизирует производственный цикл и повышает эффективность изготовления продукции.

Однако у данного метода есть и свои ограничения. В числе недостатков можно отметить высокую стоимость оборудования и расходов на эксплуатацию. Вакуумно-аргоновые печи представляют собой сложные технологические системы, включающие узлы вакуумирования, подачи высокочистого газа, точного контроля атмосферы и автоматизированного управления температурными режимами, что значительно увеличивает их цену по сравнению с традиционными методами пайки, использующими газовые горелки или обычные печи. Кроме того, значительные затраты связаны с постоянным расходом технического аргона высокой чистоты (обычно не менее 99,99 %), а также с расходами на электроэнергию и техническое обслуживание оборудования.

Ограниченный размер рабочей камеры накладывает пределы на габариты и массу изделий, подлежащих пайке. В случае необходимости обработки крупногабаритных конструкций, таких как трубопроводы или корпуса судов, потребуются объёмы камер значительно больших размеров, что ведёт к росту стоимости оборудования, и зачастую становится экономически нерентабельным.

Для достижения качественного результата требуется тщательная подготовка деталей. Несмотря на защиту от окисления во время нагрева, инертная атмосфера не устраняет уже присутствующих загрязнений, таких как масла, жиры или оксидные пленки. Потому обяза-

тельна безупречная предварительная очистка – обезжиривание, травление или пескоструйная обработка. Любые недочёты на этом этапе способны привести к браку изделий.

Технологический процесс требует детальной разработки и настройки. Необходимо точно рассчитать и обеспечить оптимальные зазоры между соединяемыми элементами, надёжно зафиксировать детали и припой с помощью специальных приспособлений, а также подобрать термоцикл с адекватной скоростью нагрева, температурой и длительностью выдержки, учитывая свойства используемых материалов и припоя.

Также важно учитывать, что пайка в этой среде может занимать значительное время – нагрев, выдержка и постепенное охлаждение могут занимать несколько часов. Такой подход может оказаться менее эффективным для массового производства простых деталей по сравнению с высокоскоростными автоматическими линиями пайки.

Наконец, качество процесса существенно зависит от чистоты используемого газа. Присутствие примесей кислорода или влаги в аргоновой среде немедленно приводит к образованию оксидных пленок и, как следствие, к браку. Постоянный контроль параметров газа является обязательным элементом технологии, направленным на стабильное получение изделий высокого качества.

Печная пайка в вакууме

Печная пайка в вакууме представляет собой технологический процесс, направленный на соединение различных материалов, преимущественно металлических, посредством расплавленного припоя в герметичной камере, из которой предварительно удалены воздух и другие газы. Применение вакуума в данном случае служит в роли флюса, поскольку он существенно снижает вероятность окисления контактирующих поверхностей в процессе нагревания. Значение этого метода обусловлено его преимуществами, которые делают его незаменимым в ряде отраслей, где этому соединению предъявляются особенно строгие требования к надежности и долговечности.

Одним из ключевых достоинств вакуумной пайки является получение высококачественных соединений с отсутствием оксидных включений. Это достигается за счет поддержания в камере уровня вакуума в диапазоне примерно от 10^{-2} до 10^{-6} мбар, что способствует удалению кислорода и других активных газов.

Следствием такого состояния является то, что поверхности металлов не подвергаются процессам окисления в момент нагрева. В результате припой обладает высокой смачиванием и равномерным распределением по максимально чистым поверхностям, что обеспечивает формирование прочного и надежного соединения без примесей шлаков и химических остаточных веществ, традиционно используемых во флюсах.

Кроме этого, вакуумная пайка характеризуется высокой степенью чистоты всего технологического процесса. Отсутствие необходимости использования химических флюсов освобождает от потенциальных рисков, связанных с коррозионными последствиями их остатков, которые иногда могут проявляться спустя значительное время после проведения пайки. Это особенно важно при обработке изделий с внутренними полостями, например, теплообменников, поскольку в вакууме не возникает вероятности проникновения и удержания агрессивных веществ в недоступных зонах. Итогом становится выход изделия из печи в состоянии, не требующем дополнительной очистки или промывки, что способствует сохранению его эксплуатационных характеристик и экономит время в производственном цикле.

Технология позволяет также работать с тугоплавкими и химически активными металлами, включая титан, цирконий, ниобий, молибден, вольфрам, а также нержавеющие и жаропрочные стали. Для этих материалов применение классических методов пайки затруднено из-за образования на поверхности в условиях атмосферного воздуха стабильной и прочной оксидной пленки, провести разрушение которой с помощью обычных флюсов практически невозможно. В условиях вакуума или в защитной атмосфере, создаваемой, к примеру, инертным газом в печах с частичным вакуумом, становится возможным получение качественных соединений этих материалов без нанесения вреда их структуре.

Важным аспектом является высокая воспроизводимость и точный контроль параметров процесса. Полная автоматизация технологической линии позволяет задавать ключевые параметры – температуру, скорость нагрева и охлаждения, длительность выдержки в рабочей зоне, уровень вакуума – через программное обеспечение. Это обеспечивает стабильное каче-

ство всех произведённых партий изделий, что является критерием для выпуска серийной продукции в таких сферах, как авиакосмическая, медицинская и автомобильная промышленность, где требования к надежности и повторяемости весьма жесткие.

Кроме того, метод обладает комплексным воздействием на материал, совмещая функции соединения с определённой термообработкой, оказывая влияние на микроструктуру спаиваемых компонентов. Благодаря равномерному нагреву со всех сторон аппарата отпадает вероятность локального перегрева, характерного для газовой или индукционной пайки. Это ведет к минимизации деформаций изделий, что особенно важно при работе с тонкостенными, хрупкими или состоящими из нескольких материалов конструкциями, в которых малейшие искажения могут привести к нарушению функциональности или отказу.

Наконец, развитие и внедрение вакуумной пайки способствует также снижению экологической нагрузки и повышению безопасности рабочих условий. Отсутствие образования вредных испарений и дыма, присущих традиционным флюсам, улучшает эксплуатационные характеристики оборудования с точки зрения экологии и здоровья операторов. Современные вакуумные печи обладают высокой степенью термоизоляции, что способствует рациональному расходу энергии, что особенно актуально при крупносерийном производстве.

Несмотря на перечисленные преимущества, технология вакуумной пайки обладает рядом ограничений. Высокая капиталоемкость оборудования, включающего камеру, вакуумную аппаратуру и системы управления, обуславливает значительные первоначальные инвестиции. Это ограничивает применение метода преимущественно производствами с высоким технологическим уровнем или крупносерийным производством, где затраты оправданны.

Кроме того, процесс характеризуется относительно низкой производительностью ввиду продолжительности циклов: время откачки вакуума, медленное равномерное нагревание, выдержка и контролируемое охлаждение суммируются в довольно длительный технологический период. Вследствие этого метод плохо подходит для срочных или единичных заказов, а также для массового выпуска простейших деталей, где эффективность и скорость важнее высочайшего качества соединений.

Определённые ограничения связаны с областью применения материалов. Так, нельзя эффективно выполнять пайку металлов с высокой летучестью при рабочей температуре, включая такие элементы, как цинк, кадмий, магний и некоторые сплавы латуни, из-за их интенсивного испарения в вакууме и негативного воздействия на оборудование. Кроме того, хотя вакуум снижает окисление, он не всегда справляется с удалением уже существующих оксидных пленок, к примеру алюминиевого оксида (Al_2O_3), что усложняет пайку алюминия и требует применения специальных технологических решений.

Высокие требования предъявляются к подготовке исходных материалов и оснащению технологической линии. Поверхности деталей должны быть тщательно очищены от органических загрязнений, включая масла и жиры, поскольку при нагревании в вакууме испарение таких веществ может привести к загрязнению рабочей области и ухудшению качества соединения. Оснасточные элементы, изготовленные из графита, керамики или молибдена, обязаны сохранять форму и химическую инертность при высоких температурах в вакууме, что требует разработки сложных конструктивных решений и материалоемких технологий производства. Кроме того, критичной является точность подгонки деталей, где зазоры часто не должны превышать 0,05-0,1 мм, так как именно капиллярные силы обеспечивают заполнение пространства расплавленным припоем.

Наконец, контроль и диагностика процесса остаются относительно сложными. Поскольку процесс пайки происходит в замкнутой камере, после закрытия дверцы невозможно осуществлять визуальный или иной оперативный мониторинг, что возлагает на проектировщиков технологических карт большую ответственность за корректный подбор параметров. Выявление причин брака и дефектов требует более тонких аналитических методов по сравнению с ручными способами, где процесс течёт с визуальным наблюдением.

Таким образом, вакуумная пайка, несмотря на наличие технически сложных условий реализации и экономических ограничений, сохраняет ключевую роль в производстве критически важных изделий благодаря высокому качеству соединений, возможности работы с реакционноспособными материалами и стабильности технологического процесса.

Диффузионная пайка

Диффузионная пайка (ДП) представляет собой метод формирования неразъемного соединения материалов в твердофазном состоянии, при котором температура процесса поддерживается ниже точки плавления основных компонентов. Соединение достигается за счет непрерывного контакта поверхностей под умеренным давлением в условиях вакуума или инертной атмосферы на протяжении длительного времени. В основе метода лежит формирование жидкой фазы из промежуточного присадочного материала – прокладки, которая затем изотермически затвердевает вследствие диффузионного проникновения компонентов припоя в базовый материал. Особые преимущества данной технологии обеспечивают ее востребованность в высокотехнологичных областях, где предъявляются повышенные требования к качеству и надежности соединений.

К основным достоинствам диффузионной пайки можно отнести высокое качество и прочность соединений, близкую к свойствам исходного металла. В отличие от традиционной пайки, где механическая прочность достигается за счет затвердевания расплава, здесь формирование контакта происходит посредством диффузионных процессов, которые обеспечивают исчезновение границы раздела между материалами.

Такая микроструктура позволяет достичь механических характеристик шва, включая прочность и усталостную долговечность, сопоставимых с базовым материалом, при этом хрупкие интерметаллические фазы практически отсутствуют или представлены в минимальном количестве.

Кроме того, технология позволяет соединять разнородные материалы, что является значительным преимуществом в условиях сложных конструкций. Диффузионная пайка обеспечивает надежное соединение металлов и неметаллов с существенно отличающимися коэффициентами теплового расширения, теплопроводностью и химическими характеристиками. Это открывает возможности для получения соединений, которые трудно или практически невозможно выполнить с помощью сварки, например, металлы с керамическими материалами, сталь с титаном или между различными жаропрочными сплавами.

Технологический процесс проходит при температурах, как правило, значительно ниже сварочных, что обеспечивает минимизацию термических деформаций и остаточных напряжений. Равномерный нагрев всей детали в печи исключает локальные перепады температуры, типичные для сварки, а изотермическое затвердевание припоя предотвращает значительную усадку, характерную для охлаждения расплавленных материалов. Вследствие этого геометрия соединенных деталей сохраняется с высокой точностью, а исходные размеры практически не изменяются. Это особенно важно при работе с прецизионно обработанными компонентами, где последующая механическая обработка нежелательна или невозможна.

Процесс отличается также высокой воспроизводимостью и стабильностью качества, что обеспечивается тщательным контролем параметров пайки – температуры, времени выдержки и состава газовой среды. Такая надежность особенно востребована при серийном производстве ответственных изделий с жесткими техническими требованиями. При этом диффузионная пайка допускает создание конструкций с внутренними полостями и сложной геометрией, например, лопаток турбин с интегрированными каналами охлаждения или теплообменных элементов с закрытыми внутренними каналами, недоступными для сварки или механической обработки.

Немаловажным фактором является чистота процесса. Работа в вакууме или инертной атмосфере предотвращает окисление поверхностей и исключает образование пористости и включений. Итоговый шов получается плотным, однородным и свободным от загрязнений. Кроме того, вследствие плотного диффузионного проникновения припоя в основной материал, итоговая температура плавления соединения существенно повышается по сравнению с исходным припоем, что расширяет диапазон рабочих температур изготовленных узлов.

Однако, метод диффузионной пайки связывается с определенными ограничениями и сложностями, которые обусловлены его технологической спецификой и требованиями к оборудованию, материалам и подготовке. К числу недостатков относится высокая себестоимость процесса. Необходимость использования вакуумных или контролируемых атмосферных печей с точным поддержанием температурного режима, а также дорогие присадочные материалы, зачастую содержащие благородные металлы (серебро, золото, палладий), суще-

ственно увеличивают общие затраты. Кроме того, подготовка поверхностей требует специальной и достаточно дорогой обработки, направленной на устранение загрязнений и достижение идеального прилегания.

Продолжительность цикла пайки также является ограничивающим фактором: выдержка при заданной температуре может занимать от нескольких десятков минут до нескольких часов, что снижает эффективность метода для массового производства с высокими скоростными требованиями. Отдельные трудности связаны с необходимостью строгого соблюдения чистоты поверхностей и точного совмещения деталей, поскольку даже незначительные загрязнения или дефекты могут привести к неполноценному контакту и непровару соединения.

Кроме того, размер паяемых изделий ограничен габаритами вакуумной камеры, а сложность обеспечения равномерного нагрева и давления увеличивается с ростом размеров и сложности формы деталей. Для обеспечения требуемого давления на контактирующие поверхности необходимо специальное оснащение, способное сохранять работоспособность и стабильность параметров при высоких температурах в вакуумной среде, что усложняет техническую реализацию процесса.

Контроль качества швов, особенно в сложных узлах с внутренними полостями, часто сопряжен с трудностями. Неразрушающие методы, такие как ультразвуковая или рентгеновская дефектоскопия, не всегда позволяют однозначно оценить надежность соединений из-за отсутствия четких границ между материалами. В ряде случаев требуется выполнение выборочного разрушающего контроля, что снижает общий уровень автоматизации и увеличивает затраты.

Еще одной проблемой является удаление флюса, используемого при пайке в атмосфере. Остатки флюса могут сохраняться в труднодоступных участках, вызывая со временем коррозионные процессы, что снижает долговечность изделий. В вакуумных условиях данный вопрос неактуален, однако требует применения сложного оборудования.

Наконец, технология предъявляет высокие требования к квалификации и опыту персонала. Для эффективной реализации процесса необходимы глубокие знания в области металловедения, термодинамики, кинетики диффузионных процессов и правильного выбора режимов пайки (температуры, времени, состава припоя), что ограничивает возможность широкого внедрения метода без специализированной подготовки.

Таким образом, диффузионная пайка является перспективным и надежным способом получения высококачественных соединений в твердофазном состоянии, однако сложность и особенности технологии накладывают ограничения на область ее применения и требуют значительных затрат на оборудование, материалы и организацию процесса.

В качестве способа соединения ключевых компонентов узла – огневого днища, днища и 169 форсунок – выбран процесс печной пайки в вакууме. Предпочтение отдано именно этому методу ввиду его преимуществ, среди которых стоит выделить минимизацию оксидных включений и полное устранение остатков флюсов, что существенно повышает чистоту и герметичность формируемых соединений. Данный способ позволяет эффективно работать с материалами, обладающими жаропрочностью и коррозионной стойкостью, и при этом сводит к минимуму деформации тонкостенных деталей благодаря равномерному распределению температуры во время пайки. Это особенно важно для сохранения геометрической точности и функциональных характеристик узла.

Список литературы

1. Лашко Н. Ф., Лашко С. В. «Пайка металлов». Изд. 4-е. М.: Машиностроение, 1988. 376 с.

2. Петрунин И. Е., Лоцманов С. Н. «Пайка металлов». М.: Металлургия, 1973. 281 с.

3. Хряпин В. Е. «Справочник паяльщика». Изд. 5-е. М.: Машиностроение, 1981. 348 с.

4. В.А. Тарасов, В.В. Белов, В.Д. Баскаков и др.; под ред. В.А. Тарасова, В.В. Белова. Учебное пособие «Технология выполнения паяных соединений. Часть 2: Пайка камер сгорания и смесительных головок жидкостных ракетных, МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. 74 с.

Долгов Д.И.
студент
Научный руководитель: ***Арышенский Е.В.***
д.т.н., профессор,
Сибирский государственный индустриальный университет,
Россия, Новокузнецк
moryk0205@gmail.com

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАРОЖДЕНИЯ И РОСТА ЧАСТИЦ В AL-SC СПЛАВЕ НА ОСНОВЕ KWN-МОДЕЛИ: СРАВНЕНИЕ С ПОДХОДОМ PEREZ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕЯВНЫХ СХЕМ ВЫСОКОГО ПОРЯДКА

Аннотация. Реализована KWN-модель кинетики наночастиц Al_3Sc в Al-0,2 % Sc при старении 350°C. Использована явная противопоточная схема 1-го порядка. Сравнение с Perez et al. и данными Novotny показало завышение радиуса и задержку коалесценции из-за термодинамической ошибки и численной диффузии. Предложена неявная схема 2-го порядка с центральными разностями и искусственной диффузией. Преимущества: снижение диффузии, устойчивость. Недостатки: эмпирическая вязкость, рост затрат. Вывод: нужна HR-схема с ограничителем потока и численный расчёт равновесной концентрации.

Ключевые слова: KWN-модель; зарождение и рост; $Al - Sc$ сплав; численная диффузия; уравнение Гиббса-Томсона; неявная схема; коалесценция.

Введение

Модель *Kampmann-Wagner Numerical* (*KWN*) [4, 7] является наиболее распространённым инструментом для моделирования кинетики твердофазных процессов зарождения, роста и оствальдовского созревания. Она описывает эволюцию распределения частиц по размерам (*PSD*) при совместном протекании этих трёх стадий.

Несмотря на широкое применение, классические реализации *KWN*-модели (например, подход *Perez* [6]) обладают двумя фундаментальными недостатками: термодинамической несогласованностью аналитического уравнения Гиббса-Томсона для стехиометрических фаз и значительной численной диффузией, вносимой противопоточной схемой первого порядка. Целью данной работы является анализ этих недостатков на примере сплава Al-0.2 % Sc, а также разработка путей их преодоления с использованием неявных схем высокого порядка и численного расчёта равновесной концентрации.

Методика

Скорость гомогенного зарождения согласно классической теории [3, 8] задаётся выражением

$$I = N_v Z \beta^* \left(\frac{-4\pi\gamma r^{*2}}{3k_B T} \right) exp\left(\frac{-\tau}{t} \right) \#(1)$$

где N_v – плотность центров зарождения, Z – фактор Зельдовича, β^* – частота присоединения атомов, γ – межфазная энергия, r^* – критический радиус зародыша, k_B – постоянная Больцмана, T – температура, τ – инкубационное время.

Критический радиус определяется из баланса объёмной и поверхностной энергий

$$r^* = \frac{2\gamma}{\Delta G_v} \#(2)$$

где ΔG_v – изменение объёмной свободной энергии при образовании зародыша (отрицательная величина).

Диффузионный рост сферической частицы в бинарном разбавленном растворе описывается уравнением Зенера-Арона [1, 11]

$$v = \frac{dr}{dt} = \frac{D}{r} \frac{c_m^\alpha - c_I^\alpha(r)}{c_I^\beta - c_I^\alpha(r)} \#(3)$$

где D – коэффициент диффузии, c_m^α – средняя концентрация в матрице, $c_I^\alpha(r)$ – равновесная концентрация на границе раздела с учётом кривизны, c_I^β – концентрация в частице (для стехиометрического Al_3Sc $c_I^\beta = 0.25$).

Эффект Гиббса-Томсона в классических реализациях, включая работу Переса [7] и наши первые коды, учитывается аналитической формулой [8, 9]

$$c_I^\alpha(r) = c^\alpha(\infty) exp\left(\frac{2\gamma V^\beta}{RTr}\right) \#(4)$$

где $c^\alpha(\infty)$ – равновесная концентрация при плоской границе, V^β – молярный объём β -фазы, R – газовая постоянная.

Закон сохранения массы записывается как

$$c_0 = (1-\varphi)c_m^\alpha + \varphi c^\beta \#(5)$$

где c_0 – начальная концентрация, φ – объёмная доля частиц, вычисляемая через моменты *PSD*:

$$\varphi(t) = \frac{4\pi}{3}\int_0^\infty r^3 f(r,t)dr \#(6)$$

Эволюция функции плотности распределения $f(r,t)$ подчиняется уравнению непрерывности [8, 10]

$$\frac{\partial f(r,t)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial r}[v(r,t)f(r,t)] = \left.\frac{I(t)}{\Delta r}\right|_{r=r^{nuc}} \#(7)$$

где правая часть описывает появление новых зародышей размером r^{nuc} (будем считать, что она равняется r^*).

Для численного решения уравнения (7) нами была выбрана явная противопоточная (*upwind*) схема первого порядка точности. Для положительной скорости роста потоки аппроксимируются как

$$F_{i-1/2}^{up} = v_{i-1/2}f_{i-1}^n, F_{i+1/2}^{up} = v_{i+1/2}f_i^n \#(8)$$

Расчёт проводился для сплава Al-0.2 wt. % Sc при температуре $T = 350°C$ (623К). Значения межфазной энергии $\gamma = 0.184$ Дж/м², коэффициента диффузии $D = 5.31 \cdot 10^{-4} exp(-173000/(RT))$ м²/с [2] и равновесной концентрации $c^\alpha(\infty) = 5.4 \cdot 10^{-5}$ взяты из работ *Wang* [8, 10].

Результаты

На основе описанной методики была разработана программа в среде *Maple*, реализующая классическую *KWN*-модель с явной противопоточной схемой. В результате расчёта получены зависимости среднего радиуса частиц $Rs(t)$ и объёмной плотности частиц $NS(t)$ от времени (рис. 1 и 2).

На графике среднего радиуса видно монотонное возрастание от нуля до 11.8 нм к концу расчёта; характерная полочка, появляющаяся при времени $5 \cdot 10^4$с и продолжается определенный промежуток времени, в конце данного промежутка происходит переход в стадию коалесценции. Плотность частиц в свою очередь быстро возрастает до максимума $NS_{max} = 3.187 \cdot 10^{21}$ м$^{-3}$ при $t = 10^4$, затем плавно снижается, начиная с $t = 5 \cdot 10^5$.

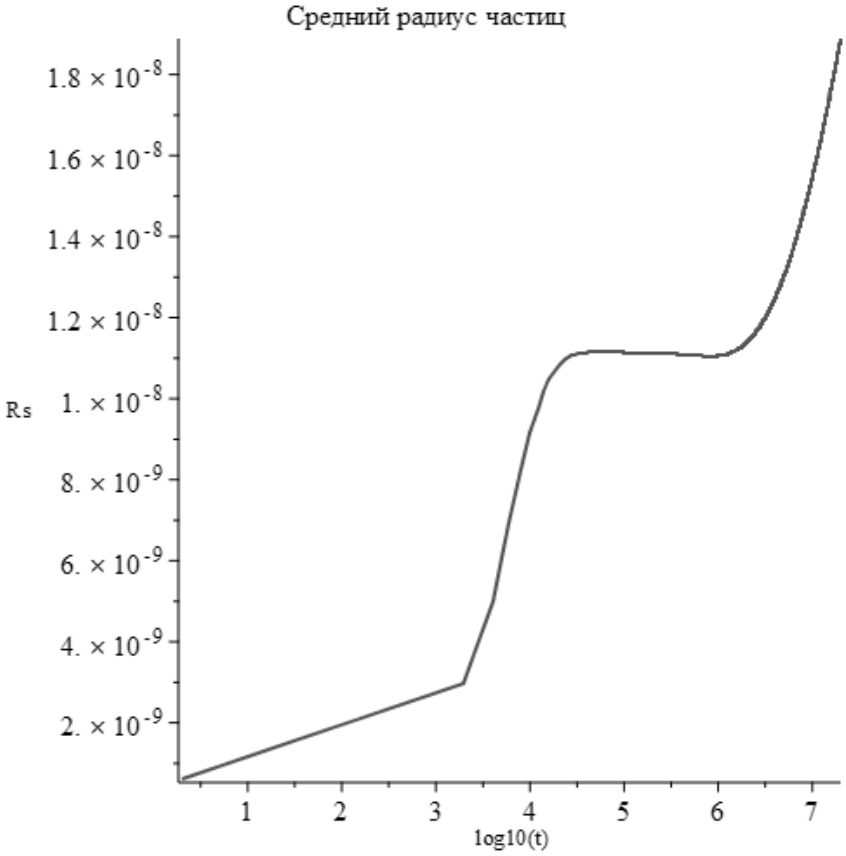


Рис. 1. Зависимость среднего радиуса частиц от времени

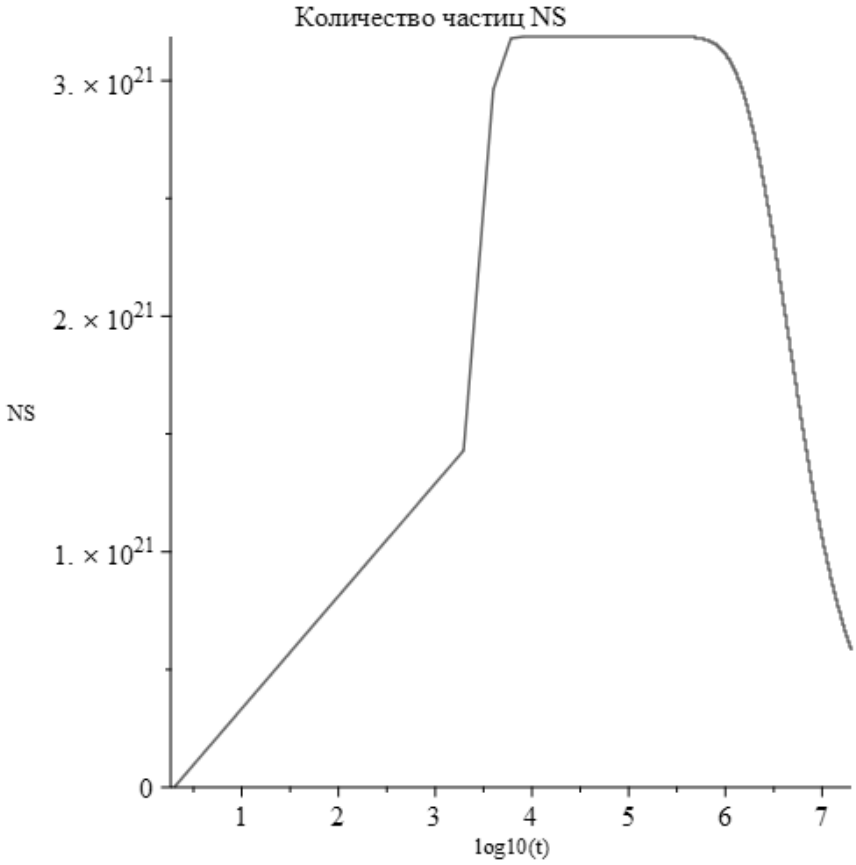


Рис. 2. Зависимость объемной плотности частиц от времени

Сравнение с классической реализацией *Perez* [6] (которая также использует аналитический Гиббса-Томсона и *upwind*-схему) и экспериментальными данными *Novotny* [5] выявляет систематические расхождения (табл.).

Таблица

Сравнение параметров зарождения и роста для $Al - 0.2Sc$ при $350°C$

Параметр	Данные		
	Наш расчет (явный upwind)	***Perez et al.***	***Novotny***
N_{max}, м$^{-3}$	$3.187 \cdot 10^{21}$	$2.5 \cdot 10^{21}$	$2.0 \cdot 10^{21}$
R_s при 10^5 с, нм	11.8	14	14.4
Начало коалесценции, с	$9 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$	10^5

Как показано в работах *Wang* [9], аналитическое уравнение *Гиббса-Томсона* для стехиометрических соединений приводит к нарушению «эквивалентности термодинамики зарождения и роста»: частица критического радиуса r^* должна иметь нулевую скорость роста, однако подстановка (4) в (3) даёт $v(r^*)$ неравное нулю. Сравнение наших расчётов с экспериментальными данными *Novotny* [5] показывает, что полученный средний радиус частиц оказывается несколько меньше экспериментальных значений. Кроме того, противопоточная схема первого порядка вносит численную диффузию, которая уширяет *PSD* и дополнительно завышает средний радиус. Наша *upwind*-реализация, как и модель Переса, количественно не согласуется с экспериментом: максимальная плотность частиц завышена на 59 %, начало коалесценции задержано в 9 раз.

Для преодоления указанных недостатков нами разрабатывается неявная схема высокого порядка (второй код). Основная идея – использовать центральные разности для конвективного члена (второй порядок точности по пространству) и добавить искусственную диффузию для подавления осцилляций. Аппроксимация для внутренних ячеек имеет вид:

$$\frac{N_i^{n+1} - N_i^n}{\Delta t} + \frac{1}{\Delta r}\left(F_{i+1/2}^{n+1} + F_{i-1/2}^{n+1}\right) - \frac{\Delta t}{2\Delta r^2}\begin{bmatrix} c_{i+1/2}(v_{i+1}^{n+1}N_{i+1}^{n+1} - v_i^{n+1}N_i^{n+1}) \\ -c_{i-1/2}(v_i^{n+1}N_i^{n+1} - v_{i-1}^{n+1}N_{i-1}^{n+1}) \end{bmatrix} = 0 \ \#(9)$$

Полученная трёхдиагональная система решается методом прогонки. Преимущества неявной схемы включают снижение численной диффузии, устойчивость при более крупных шагах по времени, возможность использования более мелкой сетки ($\Delta r = 0.02$ нм). Недостатки: необходимость эмпирического подбора искусственной вязкости, увеличение вычислительных затрат. Главное ограничение – неявная схема сама по себе не устраняет термодинамическую несогласованность аналитического уравнения Гиббса-Томсона. Для полного исправления требуется заменить аналитическую формулу (4) на численный метод решения нелинейного уравнения

$$G_m^\beta(\infty) = G_m^\alpha + \left(x^\beta - x^\alpha\right)\frac{dG_m^\alpha}{dx^\alpha} - \frac{2\gamma V^\beta}{r} \ \#(10)$$

что ещё больше усложняет код.

Наиболее перспективным направлением является комбинация неявного временного шага с высокоразрешающей (*HR*) схемой с ограничителем потока (*flux limiter*) по *Wang* [10]. Такая схема имеет второй порядок точности на гладких участках *PSD*, автоматически переключается на первый порядок вблизи разрывов (подавляя осцилляции без эмпирической вязкости) и сохраняет монотонность. В работе [10] показано, что *HR*-схема даёт результаты, практически совпадающие с точным аналитическим решением для тестовых задач. Ее реализация в сочетании с неявным шагом и численным *Гиббса-Томсона* представляет собой сложную вычислительную задачу, находящуюся в стадии активной разработки. Тем не менее,

именно такой подход обещает существенно повысить достоверность прогнозов кинетики зарождения, роста и коалесценции в сплавах $Al\text{-}Sc$ и других системах.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-19-00064, https://ias.rscf.ru/user/doc/a.w.p.2024.92.legacy/188542.

Список литературы

1. Aaron H.B., Fainstein D., Kotler G.R. Diffusion-limited phase transformations: a comparison and critical evaluation of the mathematical approximations // Journal of Applied Physics. 1970. Vol. 41. P. 4404-4410.
2. Fujikawa S.I. Impurity diffusion of scandium in aluminum // Defect and Diffusion Forum. 1997. Vol. 143-147. P. 115-120.
3. LeGoues F.K., Aaronson H.I. Influence of crystallography upon critical nucleus shapes and kinetics of homogeneous f.c.c.-f.c.c. nucleation // Acta Metallurgica. 1984. Vol. 32. P. 1855-1864.
4. Myhr O.R., Grong O. Modelling of non-isothermal transformations in alloys containing a particle distribution // Acta Materialia. 2000. Vol. 48. P. 1605-1615.
5. Novotny G.M., Ardell A.J. Precipitation of Al_3Sc in binary Al-Sc alloys // Materials Science and Engineering A. 2001. Vol. 318. P. 144-154.
6. Perez M., Dumont M., Acevedo-Reyes D. Implementation of classical nucleation and growth theories for precipitation // Acta Materialia. 2008. Vol. 56. P. 2119-2132.
7. Wagner R., Kampmann R. Homogeneous Second-Phase Precipitation // Materials Science and Technology: A Comprehensive Treatment / Ed. by R.W. Cahn. Weinheim: Wiley, 1991. P. 381-394.
8. Wang Q.L. A direct particle tracking model for predicting homogeneous precipitation kinetics in Al-Sc alloys // Computational Materials Science. 2024. Vol. 244. Art. 113218.
9. Wang Q.L., Liu H.R. On evaluation of the Gibbs-Thomson effect and selection of nucleus size for the Kampmann-Wagner numerical model // Metallurgical and Materials Transactions A. 2024. Vol. 55. P. 2067-2080.
10. Wang Q.L., Xiong H. A high-resolution population dynamic model for predicting homogeneous precipitation kinetics of spherical precipitates during thermal aging // Metallurgical and Materials Transactions A. 2021. Vol. 52. P. 4987-4996.
11. Zener C. Theory of growth of spherical precipitates from solid solution // Journal of Applied Physics. 1949. Vol. 20. P. 950-953.

Черепанова Е.Е., Стекленев Д.И.
студенты,
cherepanovatson@gmail.com
Научный руководитель: ***Погиба А.Ю.***
преподаватель,
Московский политехнический университет,
Москва

ПРОЕКТ МАРКИРОВКИ С ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Аннотация. В условиях высокой заполненности товаров ежедневного пользования в потребительском рынке, именно упаковка становится ключевым инструментом визуальной дифференциации товара. В работе рассмотрены современные подходы к проектированию декоративных этикеток, интегрирующих эстетическую функцию и элементы защиты от фальсификации. Особое внимание уделено анизотропно-поляризационным эффектам в полимерных пленках, которые позволяют создавать латентные изображения, видимые только в поляризованном свете. Представлены результаты экспериментального исследования оптических

свойств многослойных пакетов пленок полипропилена (ПП) и двуосно-ориентированного полипропилена (БОПП). Разработан дизайн-проект этикетки и предложена технологическая цепочка ее изготовления. Обосновано, что использование поляризационных эффектов повышает степень защищенности продукции и придает упаковке уникальный визуальный образ.

Ключевые слова: дизайн этикетки; оптические эффекты; поляризованный свет; полиэтилентерефталат; защита от подделок; анизотропия.

Введение

В настоящее время потребительский рынок характеризуется высокой насыщенностью товаров различных категорий, в связи с чем особенно актуальным становится вопрос их уникальности и дифференциации. В условиях избыточного ассортимента и широкого выбора, именно упаковка продает саму себя, самостоятельно привлекая внимание покупателя. Продукция с ярким оригинальным оформлением создает визуальный опыт взаимодействия с продуктом, что усиливает эмоциональную связь с брендом, поэтому дизайн играет важнейшую роль в продвижении и позиционировании товаров на рынке: от внешнего вида во многом зависит коммерческий успех продукта.

В нынешних реалиях при создании упаковки широко используются такие приемы как «теория форм» и «теория цвета». Суть этих подходов заключается в увеличении физических размеров упаковки и применении ярких, насыщенных цветовых решений. Увеличенный формат создает акцент на большом объеме или массе продукта внутри упаковки, а яркие цвета позволяют товару визуально выделятся среди конкурентов на полке даже при беглом осмотре [6].

Упаковочная индустрия стремится не только к эстетической привлекательности, но и к функциональной интеграции защитных элементов, которые становятся частью визуального образа продукта. Одним из наиболее перспективных направлений, позволяющих гармонично объединить эстетику и безопасность, является разработка оптических носителей с повышенной степенью защиты от несанкционированного копирования и фальсификации, основанных на использовании физико-химических свойств самих полимерных материалов. Такие решения открывают возможность создавать упаковку, которая не только выделяется на полке за счет уникальных цветовых эффектов, но и несет в себе скрытую, технологически сложную для воспроизведения маркировку.

На сегодняшний день активно внедряются инновационные полиграфические технологии, как интеграция в упаковку голографических и люминесцентных элементы, тиснение и перфорация маркировки, которые решают задачи создания у товара уникального оформления и обеспечение подлинности продукции в едином решении. Современные технологии печати позволяют создавать сложные оптические эффекты на широко распространенных материалах, тем самым одновременно решая проблемы индивидуальности, защиты от фальсификации и цифровизации упаковки. К числу таких материалов относятся различные композиты на основе полимеров, в частности, ПП или БОПП, пленки из которого представляют собой прозрачный материал, находящий обширное применение в области упаковочной индустрии. Пленки ПП обладают высокой механической прочностью, хорошей пластичностью и химической инертностью, что позволяет использовать их в качестве надежного основного материала для упаковки пищевых продуктов и напитков.

Однако, как отмечают исследователи [6], традиционные средства маркировки с нанесением физических меток и разноцветных вставок не всегда достаточно эффективны в борьбе с контрафактным производством и подделкой товаров. Использование голограмм, микроперфорации и цветных люминесцентных элементов требует наличия у предприятий сложного и дорогостоящего оборудования, а также специальных красителей, что ограничивает их применение в розничной торговле и при дистанционной доставке товаров на дом.

В условиях интенсивного развития информационных технологий и цифровизации экономики особую актуальность приобретает изучение материалов для скрытой маркировки, способов записи и хранения информации, а также методов визуальной идентификации подлинности. В освоении подобных технологий и внедрения их в упаковку могут помочь современные исследования анизотропно-поляризационных эффектов.

Оптические эффекты представляют более высокий технологический и защитный класс. Их действие основано на свойствах оптической анизотропии материалов, то есть зависимости их оптических характеристик от направления и поляризации падающего света. К ключевым явлениям относятся, например, плеохроизм [2]. Главной особенностью этого эффекта является его латентность в естественном, неполяризованном свете. Он становятся видимым только при использовании специальных средств – поляризационных фильтров или более сложной аппаратуры [3].

Многие прозрачные полимерные пленки в поляризованном свете благодаря наличию активных оптических свойств могут проявлять яркие и контрастные цветовые картины, что делает их пригодными для использования в качестве носителя информации. Такой метод маркировки отличается своей экономической обоснованностью, так как не требует затрат на красители, и технологичностью, из-за чего без точного знания технологических характеристик невозможно будет повторить подобный эффект фальсификатам. Однако этот метод требует наличия поляризованного света и светофильтра, благодаря чему полимерные этикетки смогут приобрести определенный цвет. Как отмечают ученые, этот эффект достижим при нахождении под пленкой зеркальной диэлектрической поверхности, а над ней – поляризационного светофильтра [2]. Этот вариант создания уникального дизайна с функцией защиты от фальсификата может стать перспективной заменой обычной физической маркировки, так как предполагает интегрирование элементов дизайна непосредственно в толщу пленки.

Целью исследования являются разработка проекта и технологии изготовления декоративной этикетки с оптическими эффектами. Объект исследования: процесс проектирования и изготовления декоративной этикетки как ключевого элемента фирменного стиля и упаковки продукта. Предмет исследования: методика разработки дизайн-проекта и технологические решения для создания оптических эффектов на декоративной этикетке.

Материалы и методы

Были исследованы два образца пленок из полипропилена марки «Сибур» и «Биаксоплен» различных структур и химических составов, толщинами 40±5 мкм и 20±5 мкм соответственно. Выбор данных материалов обусловлен их высокой механической прочностью, высокими показателями прозрачности и способностью к формированию анизотропных свойств в процессе ориентированной вытяжки. Как отмечают Погиба А.Ю., Верещагин В.Ю., Род В.А., и Кондратов А.П. в своем исследовании [6], линейная и двухосная ориентация при производстве полимерных пленок создает «эффект памяти формы», что принципиально важно для фиксации многослойной структуры на изделиях со сложной кривизной поверхности.

Для моделирования защитного слоя этикетки пленки нарезались на ленты шириной 30 мм вдоль направления экструзии. Образцы укладывались в пакеты с образованием «лесенки» с шагом 20 мм для исследования влияния количества слоев на оптические свойства. В работе использовалась классическая схема стопы Столетова, состоящая из четырех прозрачных слоев, повернутых под углом 45° относительно поляризационного фильтра. Как показано в исследованиях на тему эффекта плеохроизма в полимерных пленках [6], именно такая конфигурация обеспечивает максимальную яркость и контрастность интерференционной картины в поляризованном свете за счет эффекта двойного лучепреломления. Пакеты пленок помещались между двумя поляризационными фильтрами на просмотровом столе. Цветные эффекты получали, варьируя количество слоев в пакете, как показано на схеме размещения стопы Столетова из ПВХ на рисунке 1.

Экспериментальная установка включала источник неполяризованного белого света, диэлектрическую отражающую поверхность и поляризационный фильтр (анализатор). Пакеты пленок помещались между зеркальной поверхностью и анализатором. Как подчеркивают ученые в своей работе [6], поляризация света, отраженного от зеркальной поверхности, или созданная путем пропускания потока света через поляризационный фильтр, позволяет наблюдать в многослойных полимерных покрытиях эффект плеохроизма, который может быть использован для скрытой или публичной маркировки товаров.

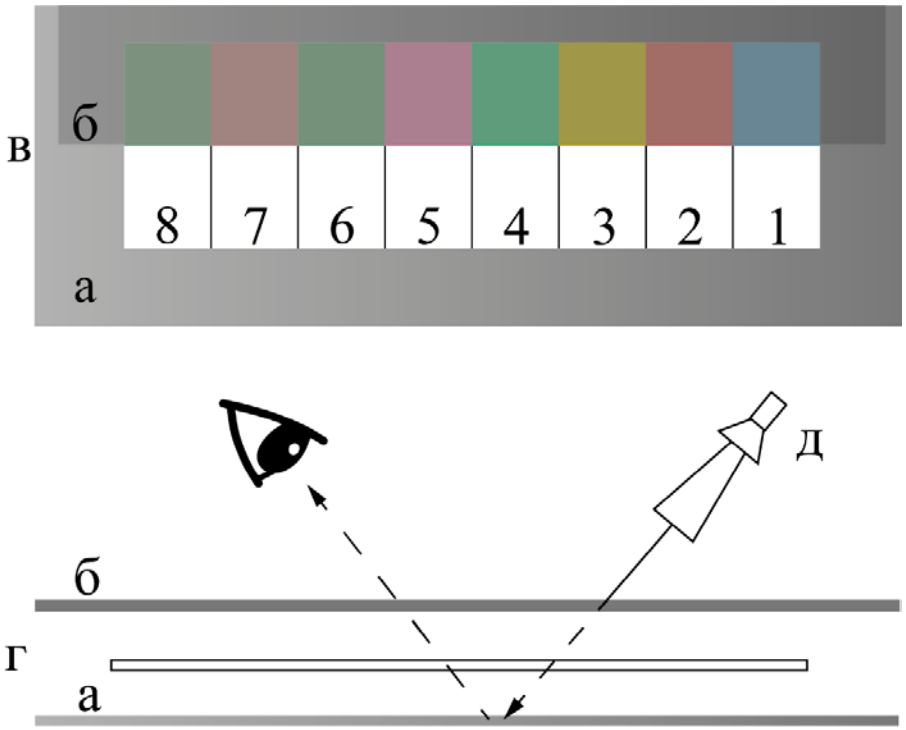


Рис. 1. Схема укладки полимерного пакета из 8 слое в поляризованном свете на просвет: а – зеркальная поверхность, б – поляризационный светофильтр, в – вид сверху, г – вид сбоку, д – источник света

Поляризованный световой луч формировался с помощью клейких лент с фольгированным слоем марок «Aviora» и «Unibob» и анализировался с помощью поляризационной пленки NPF F1205DU (Япония), обеспечивающей степень поляризации света 95,8 %.

Расстояние от камеры до образцов составляло 30 см, что соответствует типичной дистанции визуального восприятия предметов человеком в естественных условиях. Цвет многослойных пленок в нормальном и поляризованном свете был зафиксирован с помощью фотосъемки и оценен с использованием координат равномерного цветового пространства Lab в мобильном приложении «Color Picker», а также по величине цветового различия ΔE (формула 1) [1].

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \#(1)$$

Где ΔL – разность значений светлоты, Δa – разность цвета по красно-зеленому компоненту, а Δb – разность цвета по желто-синему компоненту в соответствии с цветовым пространством CIELAB. Согласно колориметрической теории, при ΔE <1,5-2 единиц человеческий глаз не способен различить два цвета, что критически важно для оценки порога визуального обнаружения защитной маркировки [1].

Использование CIELAB в системах управления цветом объясняется тем, что это стандартная колориметрическая система и с ее помощью описывают цвет в равноконтрастной системе независимыми от устройств численными значениями [1]. Она позволяет проводить систематический контроль данных о цвете.

Результаты исследования

Сравнительный анализ образцов показал, что пленка марки «Биаксоплен» демонстрирует более высокие значения цветового различия (ΔE = 34 и 26 для первых двух слоев) по сравнению с образцом марки «Сибур» (ΔE = 31,4 и 8,1) (рис. 2, табл.). Изменение цвета происходит по мере увеличения количества слоев пленки полипропилена, при этом цветовое различие ΔE при одинаковом количестве слоев и равных условиях проведенного анализа имеют разные цветовые значения. Эти различия в цветовых характеристиках показали превосходство использования пленок марки «Биаксоплен» для создания маркировки на товарах.

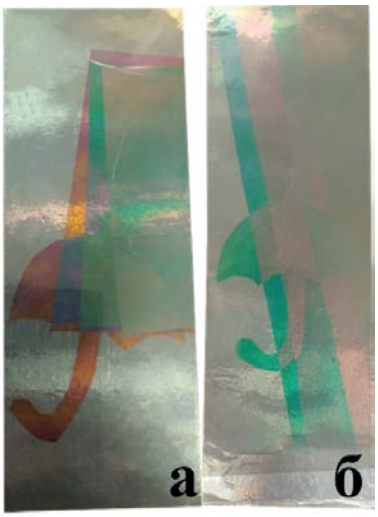


Рис. 2. Фотографии в поляризованном потоке света пакетов бесцветных пленок из 4 слоев: а – полимер марки «Биаксоплен», б – полимер марки «Сибур»

Таблица

Цветовые характеристики пакетов бесцветных пленок из четырех слоев

Образец	а				б			
L	34	26	42	50	51	50	52	52
a	15	-2	-17	-9	-36	-5	1	-7
b	19	-8	13	11	11	6	9	8
Цвет								
ΔE	34		26		31,4		8,1	

Примечание: а – полимер марки «Биаксоплен», б – полимер марки «Сибур».

В ходе визуального и инструментального анализа образца пакета пленок марки «Сибур» было установлено, что при увеличении числа слоев от 1 до 4 изменение цвета носит не монотонный, а циклический характер: зеленые тона последовательно сменяются розовыми, после чего вновь возвращаются к зеленым, сопровождаясь постепенным снижением яркости. У обоих исследованных образцов после третьего слоя наблюдается ахроматизация – проходящий световой поток утрачивает цветность, становясь бесцветным. Данное явление обусловлено интерференцией поляризованных волн в анизотропной среде и ранее было описано в работах [6] при исследовании оптических свойств термоусадочных полимерных пленок. Образец стопы Столетова, состоящий из полипропилена марки «Биаксоплен» показал более разнообразный набор цветов, состоящий из красно-оранжевых, синих и зеленых оттенков, что также является более предпочтительным вариантом при создании оригинальной красочной маркировки. При этом светлота не снижается по мере добавления слоев, а пик ее значений зафиксирован у 4-го слоя пленок, которая, в случае полипропилена от «Сибур», незначительно превосходит светлоту пленки с одним слоем.

На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований оптических свойств многослойных пакетов полимерных пленок, включавших анализ зависимостей цветовых характеристик от количества слоев, их взаимной ориентации и типа отражающей поверхности, был разработан и изготовлен опытный образец (прототип) защитной этикетки. Данный прототип наглядно демонстрирует возможность практического применения оптических эффектов для создания технологической маркировки, которая одновременно решает две ключевые задачи: во-первых, придает упаковке оригинальный, уникальный визуальный образ за счет цветовых эффектов без применения красителей; во-вторых, обеспечивает дополнительную защиту от фальсификации благодаря латентности маркировки в обычных условиях и высокой сложности ее воспроизведения без точного соблюдения технологических параметров (количество слоев, угол ориентации, тип материала). В обычных условиях освещения

этикетка визуально неотличима от стандартной прозрачной упаковки, не нарушая общей дизайн-концепции продукта. Однако при наблюдении через поляризационный фильтр встроенное скрытое изображение проявляется в виде контрастного цветного символа, что обеспечивает быструю и надежную аутентификацию товара без использования сложного оборудования. Внешний вид разработанного прототипа в обычном и поляризованном свете представлен на рисунке 3.

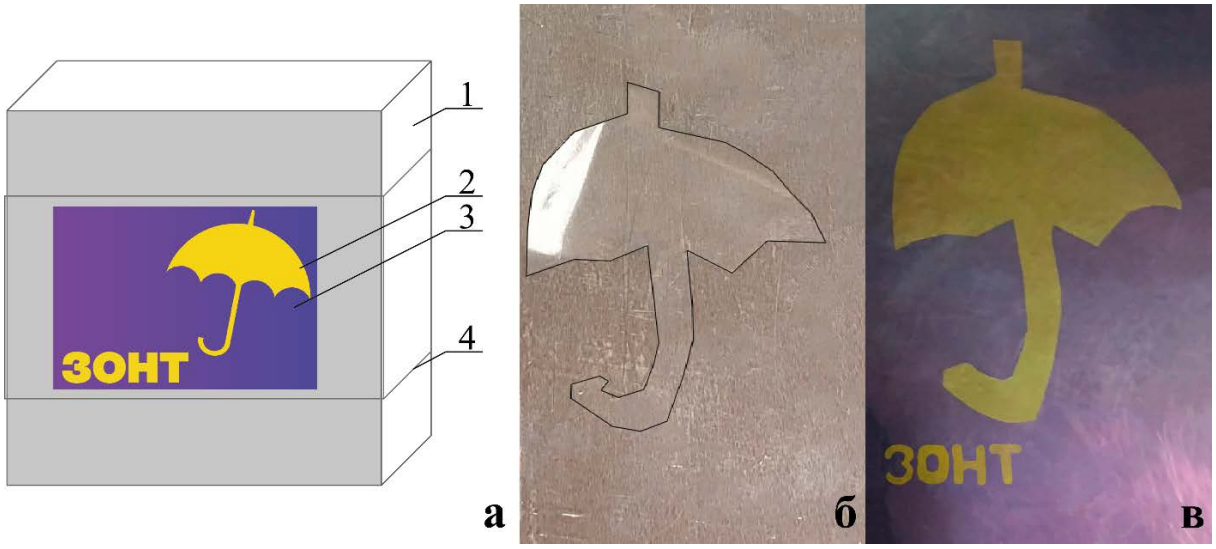


Рис. 3. А – схема многослойной этикетки из прозрачной пленки полипропилена (1) с подложкой из зеркальной клейкой ленты марки «Unibob» с полипропиленовой основой (2, 3) на упаковке; б – маркировка, высеченная из пленки БОПП с информационной меткой в обычном свете; в – маркировка, высеченная из пленки БОПП с информационной меткой в поляризованном свете

Этикетка с оптической маркировкой изготовлена из нескольких слоев – из металлизированной клейкой ленты «Unibib», отражающей свет и дающего в поляризованном свете фиолетовую окраску в связи с присутствием в ее слоях полипропилена, и среднего слоя с высечками в форме водяного знака с текстом, сделанного из анизотропной двуосноориентированной пленки полипропилена толщиной 20 мкм марки «Биаксоплен», имеющей более выраженные цветовые характеристики по сравнению со сравниваемым образцом ПП от «Сибур». При наблюдении этикетки через поляризационный фильтр или сквозь поляризационные очки информационный символ выглядит цветным на фиолетовом фоне, т.е. проявляется в оранжевом или желтом цвете в зависимости от угла обозрения. При обычном освещении без поляризаторов информационный символ не имеет цвета, прозрачен и поэтому не заметен (скрыт от наблюдателя). Таким образом, в устройстве маркировки упаковки может быть реализована функция скрытой маркировки.

Выводы

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан дизайн-проект оригинальной оптической маркировки с функцией защиты от фальсификации. Основные результаты работы заключаются в следующем:

Обоснован выбор оптического эффекта. В качестве базового физического принципа защиты предложено использование оптических эффектов в многослойных полимерных пленках. В отличие от традиционных голограмм и люминесцентных меток, данный метод не требует дорогостоящих красителей и обеспечивает латентный характер маркировки – изображение становится видимым только при наблюдении через поляризационный фильтр.

Экспериментально подтверждена возможность управления цветом. Исследование многослойных пакетов пленок БОПП показало, что изменение количества слоев приводит к циклически повторяющемуся изменению цветов, что позволяет создавать цветовые коды, соответствующие различным уровням защиты или информации о продукте.

Разработана технологическая концепция. Предложена структура защитной этикетки, включающая отражающую зеркальную подложку (имитация металлизированной поверхности тары); многослойный пакет из ориентированных полимерных пленок, формирующий цветовой код, водяной знак или иную маркировку; внешний защитный слой, фиксирующий структуру.

Подтверждена защитная эффективность. Полученные количественные характеристики цветовых различий гарантируют надежное визуальное обнаружение маркировки при использовании поляризационных средств контроля. Одновременно высокая технологическая сложность воспроизведения многослойной анизотропной структуры без соблюдения точных режимов ориентации и укладки пленок делает такую маркировку устойчивой к фальсификации.

Таким образом, разработанный проект и предложенное технологическое решение позволяют создать декоративную этикетку, которая не только привлекает внимание покупателя за счет уникальных цветовых эффектов, но и выполняет функцию скрытой защиты от подделки, что особенно актуально в условиях роста контрафактной продукции на потребительском рынке.

Список литературы

1. Васина Ю.А., Кондратов А.П., Журавлева Г.Н. Физика и химия термопластичных композитов: учебник. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2025. – 316 с. – ISBN 978-5-9729-2383-0.
2. Верещагин В.Ю., Погиба А.Ю., Кондратов А.П. Плеохроизм бесцветных полимерных покрытий на светоотражающей поверхности // Ползуновский вестник. 2025. № 2. С. 214–219. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.02.033.
3. Кондратов А.П., Ермакова И.Н. Управление цветом прозрачных полимерных запечатываемых материалов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. Вып. 3. С. 58–67.
4. Логинова Е.В., Сабурова А.О. Упаковка как средство эмоционального воздействия на покупателя. Красноярск: СибГТУ, 2018. 145 с.
5. Николаев А.А., Ермакова И.Н., Кондратов А.П. Диапазон варьирования цвета многослойных защитных элементов упаковки из полимеров, идентифицируемой в поляризованном свете // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. Вып. 12. Ч. 2. С. 80–88.
6. Многослойные полимерные оболочки для скрытой маркировки зеркальных изделий / А.Ю. Погиба [и др.]. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. М., 2025., С. 186–195. DOI: 10.20914/2310-1202-2025-2-186-195.

Авдеева Я.В.
студент,
yana.avdeeva.23@gmail.com
Научный руководитель: ***Кондратов А.П.***
д.т.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ДЕФЕКТНОСТИ СЛОЕВ КРАСКИ ПО ЦИФРОВЫМ ДВОЙНИКАМ ПОВЕРХНОСТИ

Аннотация. Контроль однородности слоя офсетной краски является важной задачей в процессе печати, неравномерное распределение краски приводит к появлению визуальных дефектов, а также влияет на долговечность покрытия. Используемые на производстве методы оценки неоднородности красочного слоя имеют недостатки. Разработанное сотрудниками университета программное обеспечение позволяет развивать новый способ оценки дефект-

ности красочного слоя по цифровым двойникам. Введены дополнительные характеристики, наиболее полно описывающие реальное распределение краски на поверхности ОРТП.

Ключевые слова: дефектность, неоднородность, офсетная печать, красочный слой.

Офсетная печать характеризуется высоким качеством оттисков при полноцветной печати, значительной тиражестойкостью и высокой скоростью печатного процесса. Согласно международному стандарту [8] допустимое отклонение толщины красочного слоя составляет не более 10 % по всей площади запечатываемой поверхности. Однородность слоя офсетной краски является критически важным параметром, определяющим качество печатной продукции. Неравномерное распределение краски приводит к дефектам цветопередачи, снижению оптической плотности и появлению визуальных артефактов, таких как полосы или пятна [4]. Отклонение толщины слоя более чем на ±0.1 мкм от номинального значения может вызывать брак, выражающийся в несоответствии цветовых координат $\Delta E > 3{,}0$ [3]. Ключевыми критериями брака являются: вариабельность оптической плотности ($\Delta D > 0{,}1$), дефекты растискивания точек (> 12 %) и нарушение градационной передачи.

Длительная эксплуатация офсетных резинотканевых полотен усугубляет эти проблемы, а также является причиной неравномерного нанесения краски на запечатываемую поверхность: после 50 тысяч оттисков износ поверхности увеличивает неравномерность переноса на 30–40 % из-за потери эластичности и компрессионных свойств [5].

Известно, что исследование неоднородности толщины слоя краски на полотне может быть произведено тремя независимыми методами: гравиметрическим, денситометрическим и оптическим. При рассмотрении каждого из методов были выявлены следующие особенности.

Гравиметрический метод заключается во взвешивании печатной формы до и после печати. Недостатком метода является высокая погрешность, так как на результат измерений влияют факторы окружающей среды и физико-химические свойства краски. Толщина «мокрого» покрытия должна измеряться непосредственно после нанесения лакокрасочного материала, поскольку на результат влияет физическая сушка, отверждение или испарение растворителя [2].

Денситометрический метод заключается в измерении оптической плотности, показывающей меру пропускания или отражения света, который проходит через слой красочной пленки. Увеличение оптической плотности соответствует увеличению толщины красочного слоя; данные, полученные при помощи денситометрии, могут быть использованы для оценки относительной площади растровых печатающих элементов [10]. Денситометрические измерения позволяют контролировать следующие параметры оттиска:

- толщина красочного слоя (на запечатываемом материале);
- растискивание растровых элементов;
- наложение красок (относительную толщину или площадь красочного слоя верхней краски при наложении красок друг на друга);
- контраст печати (качество воспроизведения деталей в тенях изображения);

В оптическом методе исследования равномерности красочного слоя используют колориметры и спектрофотометры. Колориметрическая информация дает высокоточное определение цвета в стандартных цветовых пространствах, утвержденных Международной комиссией по освещению (CIE), и его последующее преобразование в другие модели, такие как Lab, XYZ и LCh. Это обеспечивает точное измерение цветового различия, определяемого как ΔE [10].

На кафедре «Инновационные материалы в принтмедиаиндустрии» разработан метод оптического контроля равномерности слоя краски по цифровым двойникам ОРТП. Основу метода составляет запатентованный сотрудниками университета программный продукт с условным названием «Нетканка». В предложенном ПО анализируется яркость пикселей фотографии. Результатом исследования цифрового двойника в предложенном ПО являются графики, представленные на рисунке 1.

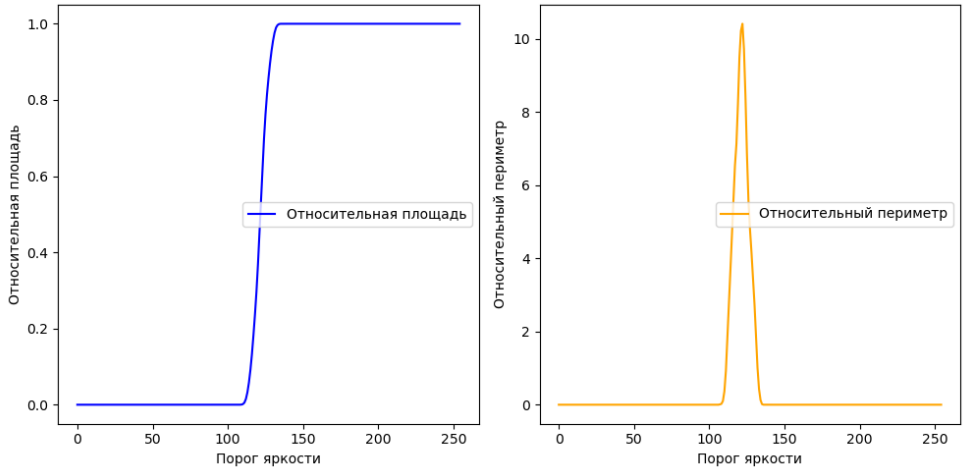


Рис. 1. Интегральное и дифференциальное распределение яркости пикселей

Авторами данной методики предложен расчет относительной площади и относительного периметра участков с одинаковым тоном. Полученные характеристики могут быть использованы для количественной оценки однородности распределения краски на поверхности ОРТП.

Для наиболее полного описания неоднородности слоя краски и анализа реального распределения тона пикселей представляется целесообразным определять дополнительные характеристики – суммарную протяжённость границ локальных участков поверхности с одинаковой яркостью (∑L/Lo), абсциссу и ординату моды (h – высота моды, x – показатель толщины красочного слоя), а также ширину распределения тона пикселей на высоте 0,5 моды (B1/2) как меру неоднородности тона и соответствующей разнотолщинности слоя краски на поверхности ОРТП (рисунок 2).

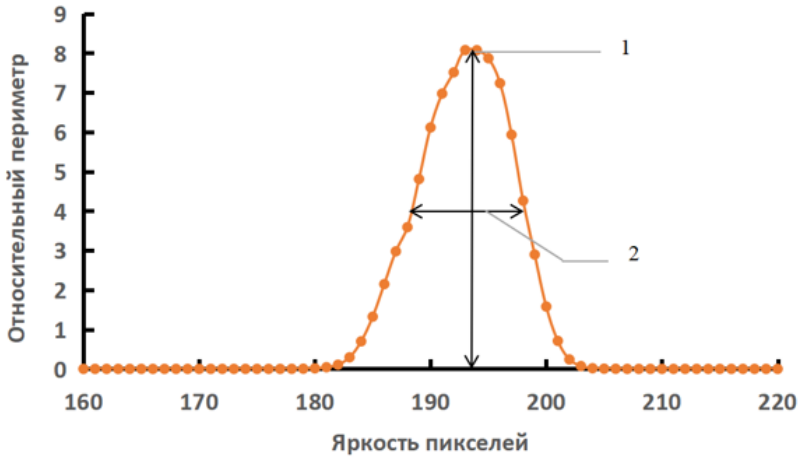


Рис. 2. Определение дополнительных характеристик

Для проверки адекватности введенных параметров, отражающих разнотолщинность слоя краски на поверхности печатного цилиндра, на стеклянную чашку Петри наносили жидкий слой краски методом полива, который, по определению, должен иметь зеркальную поверхность (максимальную гладкость) и равнотолщинность. Распределение тона пикселей соответствует полной монотонности и имеет вид узкого пика. Модель подтверждает физический смысл введенных параметров. Абсцисса моды графика указывает на толщину красочного слоя, низкое значение суммарной протяжённости границ локальных участков поверхности с одинаковым тоном характеризует равномерное распределение краски по поверхности (рисунок 3).

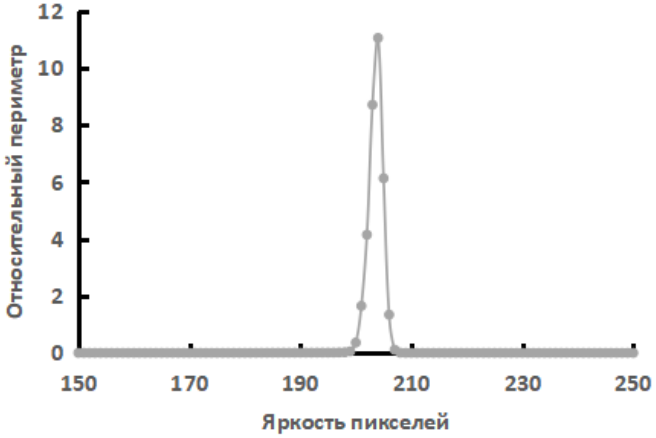


Рис. 3. Распределение яркости пикселей на фотографии жидкого слоя краски

Наибольший интерес представляет использование введённых параметров при анализе распределения краски по печатному цилиндру не только при пробной печати, но и в середине печатного процесса. Это обусловлено ухудшением технологических свойств ОРТП в результате износа, что может привести к появлению дефектов и увеличению неоднородности красочного слоя. Для продления срока эксплуатации ОРТП предложено восстановить качество поверхности методом реновации, осуществленным двумя способами: обработкой растворителями в жидкой фазе и обработка насыщенными парами растворителей в автоклаве. Схема лабораторной установки представлена на рисунке 4.

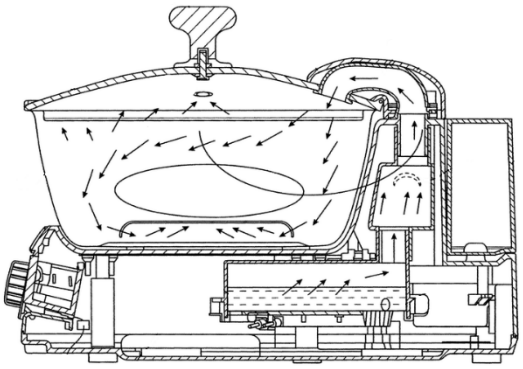


Рис. 4. Схема лабораторной установки

Образец располагается на платформе, под которой находится жидкость, в реакторе задается давление насыщенных паров. Сравнению подвергались образцы, обработанные жидким этиловым спиртом и его парами при оптимальном давлении 30 кПа при различном времени обработки. В условиях реновации в работе исследовалось распределение желтой офсетной краски на основе льняного масла по модифицированной поверхности полотна. С помощью пробопечатного станка IGT наносили слой краски дозированный и раскатаный на роллерной машине. По массе ролика с краской до и после печати определили количество краски, которое перешло на образец ОРТП, соответствующей толщине слоя. Далее было проведено фотографирование образцов при дневном свете и анализ цифровых двойников поверхности с помощью ПО «Нетканка», были рассчитаны дополнительные параметры для определения дефектности красочного слоя. Сравнительная характеристика цифровых двойников поверхности ОРТП представлена в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Характеристики цифрового двойника слоя краски на образцах ОРТП до и после реновации парами этилового спирта

Время обработки парами этилового спирта	Характеристики			
	$\sum L/L_0$	*Абсцисса моды x*	*Высота моды h*	$B_{1/2}$
0 минут	735	93	58,78	12
10 минут	1348	81	50,93	25
15 минут	829	73	48,85	16
20 минут	721	94	28,33	26
30 минут	1220	124	28,24	43
50 минут	704	93	36,95	16

Таблица 2

Характеристики цифрового двойника слоя краски на образцах ОРТП до и после реновации этиловым спиртом

Время обработки этиловым спиртом	Характеристики			
	$\sum L/L_0$	*Абсцисса моды x*	*Высота моды h*	$B_{1/2}$
0 минут	735	93	58,78	12
5 минут	742	101	36,33	20
10 минут	660	99	34,43	17
15 минут	795	111	31,02	24
20 минут	662	103	28,14	22
30 минут	551	122	26,76	21

Наиболее значимые результаты применения дополнительных характеристик ПО «Нетканка» приведены на рисунках 5–7.

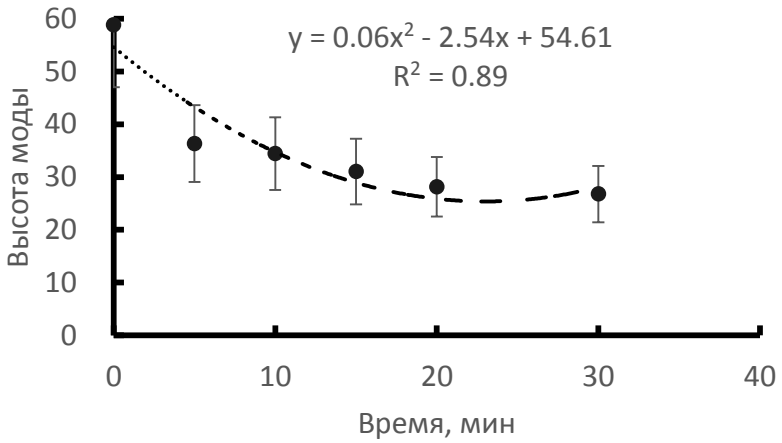


Рис. 5. Зависимость высоты моды от времени обработки ОРТП в этиловом спирте

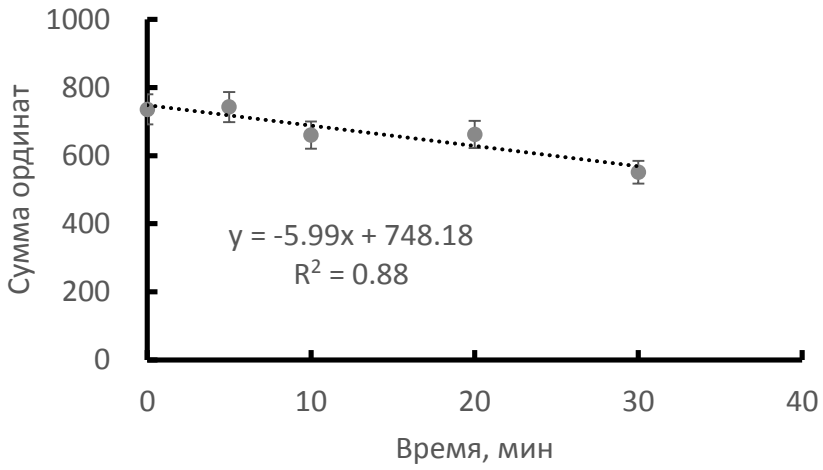


Рис. 6. Зависимость суммарной протяжённости границ локальных участков поверхности с одинаковой яркостью от времени обработки ОРТП этиловым спиртом

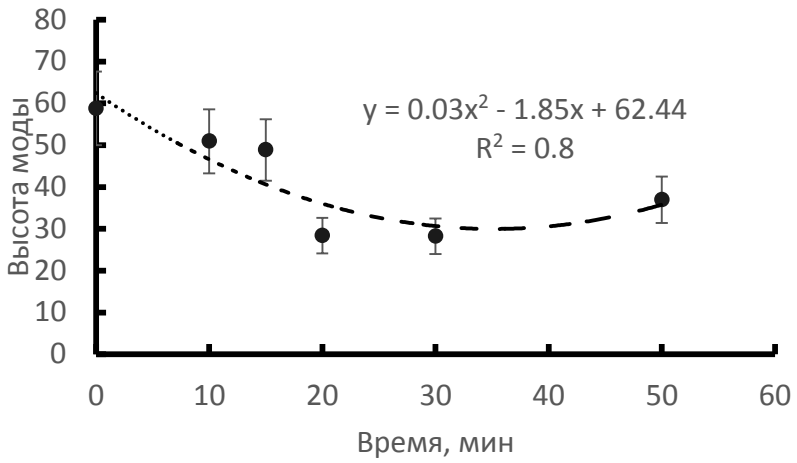


Рис. 7. Зависимость высоты моды от времени обработки ОРТП парами этилового спирта

Контроль однородности слоя офсетной краски является важной задачей в процессе печати, так как неравномерное распределение краски приводит к снижению оптической плотности и появлению визуальных дефектов, а также влияет на долговечность покрытия. Используемые на производстве методы оценки неоднородности красочного слоя имеют как существенные преимущества, так и недостатки. Разработанное сотрудниками университета программное обеспечение позволяет развивать новый способ оценки дефектности красочного слоя по цифровым двойникам. Введены дополнительные характеристики, наиболее полно описывающие реальное распределение краски на поверхности ОРТП. Применимость разработанного метода доказана с помощью «идеальной» модели (слоя жидкой краски, имеющего максимальную гладкость равнотолщинность). Проведены исследования дефектности красочного слоя на поверхности ОРТП после реновации. Путем сравнительного анализа данных, полученных в ПО «Нетканка», было установлено, что оптимальным методом реновации офсетного резинотканевого полотна является обработка поверхности ОРТП этиловым спиртом в течение 30 минут при давлении 30 кПа.

Список литературы

1. ГОСТ 25117-82 (СТ СЭВ 2917-81). Краски печатные. Метод определения кроющей способности. Москва: Издательство стандартов, 1982. 10 с.

2. ГОСТ 6593-83 (СТ СЭВ 4196-83). Краски печатные. Метод определения цвета и интенсивности. Москва: Издательство стандартов, 1983. 12 с.

3. Денситометрия в офсетной печати // Compuart.ru. URL: https://compuart.ru/article/8351 (дата обращения: 28.03.2026).
4. Контроль однородности тонких слоев краски при печати «плашек» офсетным способом / Журавлева Г.Н. [и др.] // Материалы докладов научно-практической конференции «Актуальные проблемы полиграфии и издательского дела». Москва, 2025. С. 45–50.
5. Методы контроля печатных красок и качества оттисков // StudFiles: образовательный ресурс. URL: https://studfile.net/preview/9162418/ (дата обращения: 28.03.2026).
6. Eldred N.R. What the Printer Should Know about Ink. 3rd ed. Pittsburgh: GATF Press, 2006. 512 p.
7. Field G.G. Color and Its Reproduction. 4th ed. Pittsburgh: Printing Industries of America, 2018. 450 p.
8. ISO 12647-2:2013. Graphic technology – Process control for offset lithography. Geneva: ISO, 2013. 35 p.
9. Künne S. Wear Mechanisms in Offset Blankets // TAGA Proceedings 2020. 2020. P. 157–170.
10. Kipphan H. Handbook of Print Media. Berlin: Springer, 2001. 1207 p.

Анисимова И.А., Киселева Е.А., Халяпина Ю.Б.
студенты
Научный руководитель: ***Погиба А.Ю.***
преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
irinchalmova@gmail.com

МЕХАНОХРОМНАЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИЯ

Аннотация. Исследовано влияние термической усадки покрытия из ПВХ (РФ и ФРГ) на механические, электрические и оптические свойства для защиты от коротких замыканий. После усадки в воде при 95 °C напряжение при циклическом нагружении возрастает без нагрева с выходом на плато. Электрическая прочность ограничивает диапазон многослойной системы 3-5 слоями. При усадке 50 % верхний слой ПВХ становится оптически неактивным, практически не давая собственной цветовой картины, что позволяет видеть исходные цветовые эффекты нижележащих пяти слоев.

Ключевые слова: поливинилхлорид; напряжение термоусадки; электрическая прочность; циклическое растяжение; оптическая активность.

Цель и задачи исследования

Цель – установить взаимосвязь между степенью термической усадки внешнего покрытия из ПВХ (российских и немецких образцов) и комплексом механических, электрических и оптических свойств, определяющих эффективность защиты от коротких замыканий.

Задачи:

1. Исследовать механическое поведение ПВХ-пленок при циклическом растяжении/сжатии после термической усадки в воде при 95 °C, выявив характер изменения напряжения в точке максимального растяжения в отсутствии температурного воздействия до выхода на плато.
2. Определить электрическую прочность многослойных систем из ПВХ и обосновать выбор диапазона 3–5 слоев для защиты от коротких замыканий.
3. Оценить оптическую активность ПВХ-пленок в поляризованном свете в зависимости от степени термической усадки.

Объекты исследования

Поливинилхлорид – термопластичный полимер с формулой повторяющегося звена $[–CH_2–CHCl–]_n$. Высокое содержание хлора (≈56 масс. %) обусловливает его негорючесть, химическую стойкость и диэлектрические свойства. Температура стеклования ПВХ составляет 80–85 °С. В интервале температур 80–95 °С ПВХ приобретает сегментальную подвижность, что делает возможной ориентацию макромолекул и структурные перестройки без разрушения полимера.

Влияние термической усадки на механические характеристики ПВХ-пленок в режиме циклической нагрузки

Механические испытания выполнены на измерительном комплексе для растяжения низкомодульных материалов (рис. 1, 2). Начальная координата перемещения 160,1, конечная – 160,2; данное расстояние между нижними стержнями обусловлено геометрией образцов. Длительность одного цикла составляет 20 с.

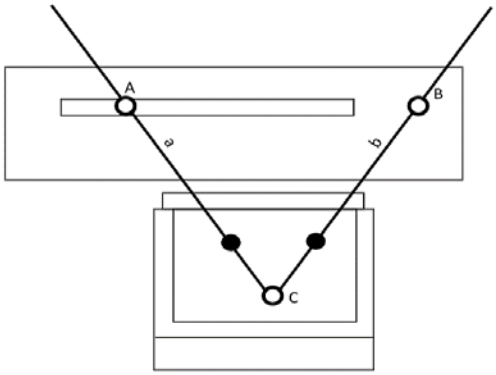


Рис. 1. Кинематическая схема установки для исследования термостимулирующей релаксации напряжений в термоусадочных ПВХ пленках

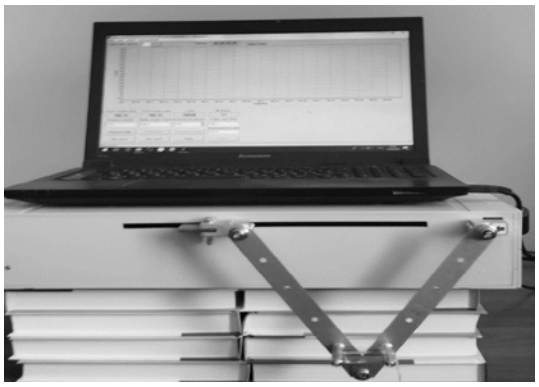


Рис. 2. Установка для исследования термостимулирующей релаксации напряжений в термоусадочных ПВХ пленках

Анализ зависимости напряжения в точке максимального растяжения от времени позволяет выделить четыре цикла (рис. 3). На первом цикле без температурного воздействия напряжение близко к нулю, поскольку свободный край образца компенсирует перемещение прибора. На втором цикле при погружении в воду (≈95 °С) термическая усадка вызывает резкий скачок напряжения. После извлечения из воды на третьем цикле напряжение снижается. На четвертом и последующих циклах, проводимых при комнатной температуре без внешних воздействий, напряжение вновь возрастает, превышая значения второго цикла, и выходит на плато. Для ПВХ (РФ) характерны более высокие абсолютные значения напряжений по сравнению с немецким образцом.

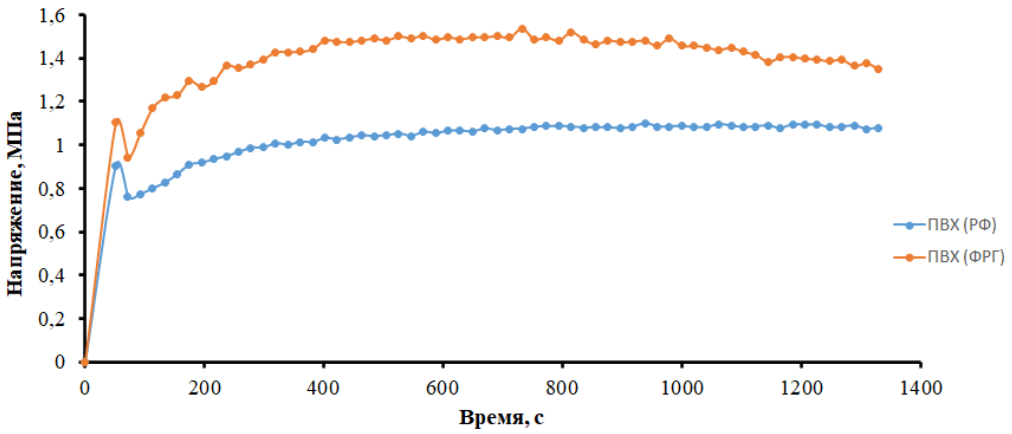


Рис. 1. Зависимость напряжения в точке максимального растяжения от времени

Рост напряжения в пленках ПВХ после термической усадки при отсутствии внешнего нагрева объясняется совокупностью структурных перестроек. Температура 95 °C превышает температуру стеклования ПВХ, что обеспечивает сегментальную подвижность макромолекул. В процессе усадки цепи ориентируются, тактические последовательности сближаются. После охлаждения полимер оказывается в неравновесном состоянии.

Последующая релаксация внутренних напряжений и физическое старение приводят к уплотнению структуры и увеличению жесткости. Вследствие этого при последующих циклах растяжения требуются более высокие напряжения для достижения той же деформации вплоть до выхода на плато по достижении равновесного состояния.

В ходе эксперимента исследовано деформационное поведение пленки ПВХ в фиксированной точке (160,1) при температурах 80, 90 и 95 °C (рис. 4). На полученных кривых «напряжение – время» выделено три характерных участка: упругий отклик с резким ростом до пика (0–40 с), участок стационарной ползучести (40–200 с) и участок деформационного упрочнения (от 180–240 с до конца эксперимента). Повышение температуры с 80 до 95 °C снижает пиковое напряжение на ~29 %, ускоряет начало ползучести и упрочнения, но уменьшает абсолютный прирост напряжения за счет упрочнения (с +0,26 до +0,15 МПа). Наиболее глубокое падение напряжения на участке ползучести зафиксировано при 95 °C (26 % относительно пика), что указывает на ускорение релаксационных процессов. Полученные количественные закономерности могут быть использованы для построения реологической модели материала и расчета его долговечности при разных температурах.

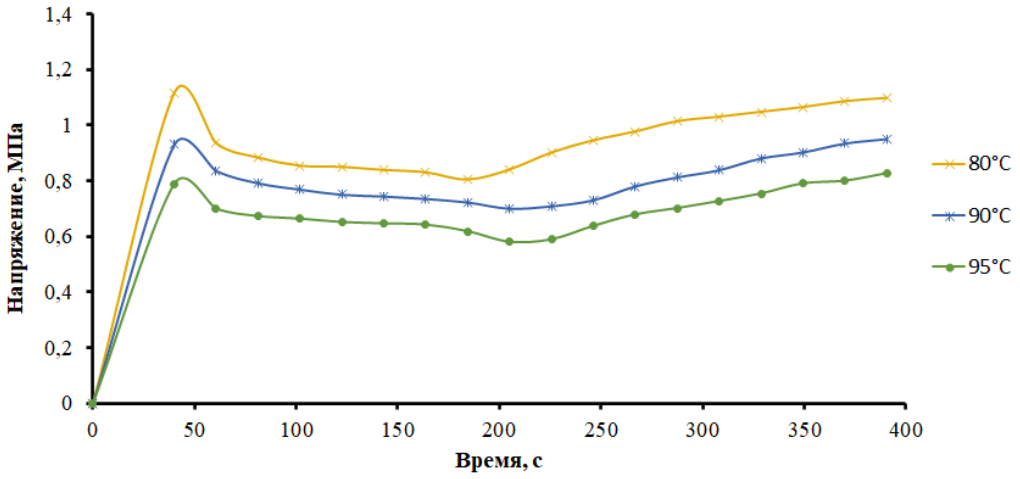


Рис. 4. Зависимость напряжения пленки ПВХ (РФ) в точке 160,1 для разных температур

Напряжение пробоя многослойных систем ПВХ

Для обоснования выбора количества слоев ПВХ в обмотке, предназначенной для защиты от коротких замыканий, проведены измерения электрической прочности образцов российского и немецкого производства. Испытания выполнены на стопах Столетова для каждого типа ПВХ. Геометрические размеры образцов: фиксированная ширина – 5 см, длина возрастает с каждым слоем от 5 до 9 см с шагом 1 см (5×5, 5×6, 5×7, 5×8, 5×9 см для одного – пяти слоев соответственно).

Электрическую прочность Епр рассчитывали по формуле:

$$E_{\text{пр}} = \frac{U}{h_{\text{ср}}} \quad (1)$$

где U – пробивное напряжение (кВ); hср. – средняя толщина образца (мм). Результаты испытаний представлены в таблицах 1, 2 и на рисунке 5.

Таблица 1

Зависимость напряжения пробоя образцов ПВХ (РФ и ФРГ) для слоев 1-5

Количество слоев	Толщина слоев, мм		Напряжение пробоя, кВ		Электрическая прочность, кВ/мм	
	ПВХ (РФ)	*ПВХ (ФРГ)*	*ПВХ (РФ)*	*ПВХ (ФРГ)*	*ПВХ (РФ)*	*ПВХ (ФРГ)*
1	0,07	0,04	6,1	6,2	87,14	155,00
2	0,14	0,08	12,5	12,8	89,29	160,00
3	0,20	0,12	17,5	18,1	87,50	150,83
4	0,27	0,16	18,1	20,2	67,04	126,25
5	0,33	0,20	20,2	25,0	61,21	125,00

Таблица 2

Зависимость напряжения пробоя образцов липких лент ПВХ для слоев 1-5

Коли-чество слоев	Толщина слоев, мм			Напряжение пробоя, кВ			Электрическая прочность, кВ/мм		
	Обра-зец № 1	*Обра-зец № 2*	*Обра-зец № 3*	*Обра-зец № 1*	*Обра-зец № 2*	*Обра-зец № 3*	*Обра-зец № 1*	*Обра-зец № 2*	*Обра-зец № 3*
1	0,15	0,13	0,13	8,2	9,0	8,5	54,67	69,23	65,38
2	0,31	0,25	0,33	10,7	10,5	10,8	34,52	42,00	32,73
3	0,47	0,39	0,50	11,5	12,8	12,8	24,47	32,82	25,60
4	0,64	0,53	0,67	12,1	14,6	15,9	18,91	27,55	23,73
5	0,79	0,67	0,80	13,1	16,0	17,3	16,58	23,88	21,63

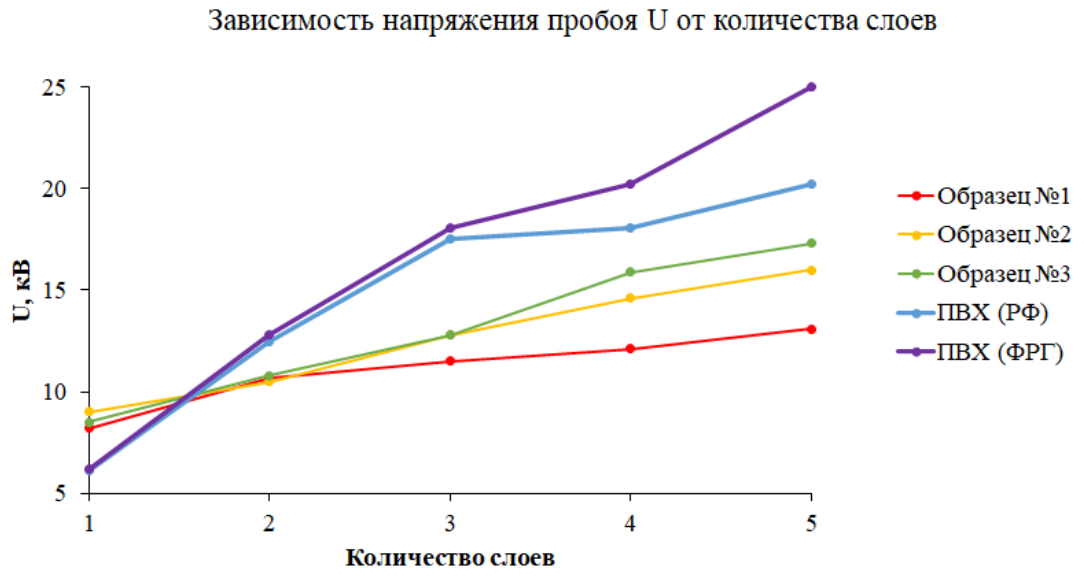


Рис. 5. Напряжение пробоя многослойных систем ПВХ

Анализ полученных данных показывает, что с увеличением числа слоев от 1 до 5 наблюдается рост пробивного напряжения: для образцов ПВХ (РФ) – с 6,1 до 20,2 кВ, для ПВХ (ФРГ) – с 6,2 до 25,0 кВ. Для липких лент ПВХ (образцы № 1–3) пробивное напряжение

также возрастает с увеличением числа слоев: от 8,2–9,0 кВ на первом слое до 13,1–17,3 кВ на пятом. При этом электрическая прочность, рассчитанная по формуле (1), достигает максимальных значений на двух слоях: для российского ПВХ – 89,29 кВ/мм, для немецкого – 160,00 кВ/мм. Для липких лент максимальные значения электрической прочности приходятся на один слой, однако абсолютные величины ниже ввиду большей толщины каждого слоя. Начиная с третьего слоя, электрическая прочность снижается: для ПВХ (РФ) до 61,21 кВ/мм, для ПВХ (ФРГ) до 125,00 кВ/мм. Подобная динамика снижения удельной электрической прочности после максимума характерна и для липких лент.

С учетом полученных данных и требований к надежности изоляции оптимальным признан диапазон 3–5 слоев, обеспечивающий баланс между защитными свойствами и конструктивной целесообразностью.

Зависимость оптической активности пленок ПВХ от степени термической усадки

В рамках исследования влияния оптической активности пленок ПВХ на фоне роста степени термической усадки определяли параметр ΔE – величину, являющуюся метрикой цветового различия, рассчитываемую как евклидово расстояние между двумя точками в цветовом пространстве; численное значение ΔE характеризует степень цветового отличия. Расчетная формула имеет вид:

$$\Delta E = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2} \quad (2)$$

где L – светлота (измеряется от 0 (черный цвет) до 100 (белый цвет)); a – координата на оси «зеленый – красный» (отрицательные значения – зеленый, положительные – красный); b – координата на оси «синий – желтый» (отрицательные значения – синий, положительные – желтый).

Для количественной оценки цветовых различий исследовали многослойные системы, состоящие из пяти слоев ПВХ (российского и немецкого производства), нанесенных на отражающие подложки – метализированные липкие ленты «Авиора» и «Унибоб», изображенные на рис. 6 [1, 2]. Поверх данной системы последовательно накладывали термоусадочные пленки ПВХ со степенями усадки 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % и 50 %. В качестве базового состояния (нулевая точка отсчета ΔE) использовали координаты цвета системы с термоусадочным покрытием 0 % (отсутствие усадки). Координаты L, a, b измеряли для каждого сочетания степени усадки, количества слоев и типа подложки. Значения ΔE рассчитывали по формуле (2) относительно базового состояния.

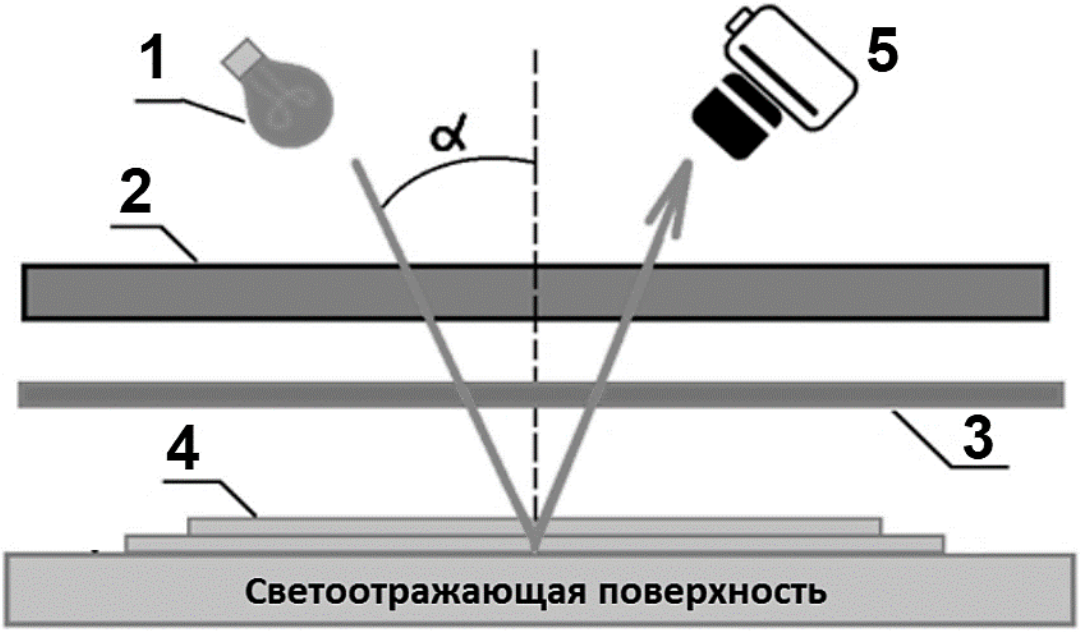


Рис. 6. Схема установки для измерения оптической активности многослойных пленок ПВХ: 1 – осветитель; 2 – поляризатор; 3 – термоусадочная пленка ПВХ; 4 – многослойная обмотка ПВХ (РФ и ФРГ) в разрезе; 5 – наблюдатель (фотоаппарат)

Результаты измерений сведены в таблицы 3–6, а соответствующие графические зависимости Δ*E* от количества слоев представлены на рисунках 7–10.

Таблица 3

Изменение цветовых эффектов, расчет параметра ΔE для пяти слоев обмотки ПВХ (РФ) на подложке «Авиора»

Степень усадки поверхностного слоя ПВХ	Количество слоев	Координаты цвета			ΔE	Цвет
		L	*a*	*B*		
0 %	1	78	-6	12	0,00	
	2	68	-7	-2	0,00	
	3	89	-5	34	0,00	
	4	69	-10	3	0,00	
	5	74	9	4	0,00	
10 %	1	75	-2	11	5,10	
	2	49	5	10	25,48	
	3	66	-12	15	30,64	
	4	52	10	-2	26,72	
	5	61	-6	34	35,97	
20 %	1	85	-4	6	9,43	
	2	64	-9	-6	6,00	
	3	80	-6	47	15,84	
	4	69	-10	5	2,00	
	5	68	13	23	20,32	
30 %	1	73	-2	10	6,71	
	2	61	-6	-18	17,49	
	3	78	2	59	28,20	
	4	65	-23	-27	32,94	
	5	72	23	15	17,92	
40 %	1	46	-2	19	33,00	
	2	62	-10	17	20,15	
	3	43	17	-12	68,67	
	4	61	-15	42	40,12	
	5	48	-7	3	30,55	
50 %	1	20	10	-20	68,15	
	2	80	-8	46	49,49	
	3	40	12	-40	90,37	
	4	60	8	48	49,30	
	5	49	-30	25	50,86	
Отсутствие термоусадочного покрытия	1	29	14	-31	68,19	
	2	98	-12	42	53,49	
	3	49	15	-49	94,28	
	4	72	6	54	53,54	
	5	59	-36	28	53,16	

Таблица 4

Изменение цветовых эффектов, расчет параметра ΔE для пяти слоев обмотки ПВХ (РФ) на подложке «Унибоб»

Степень усадки поверхностного слоя ПВХ	Количество слоев	Координаты цвета			ΔE	Цвет
		L	*A*	*B*		
0 %	1	78	-6	12	0,00	
	2	68	-7	-2	0,00	
	3	89	-5	34	0,00	
	4	69	-10	3	0,00	
	5	74	9	4	0,00	
10 %	1	75	-2	11	5,10	
	2	49	5	10	25,48	
	3	66	-12	15	30,64	
	4	52	10	-2	26,72	
	5	61	-6	34	35,97	
20 %	1	85	-4	6	9,43	
	2	64	-9	-6	6,00	
	3	80	-6	47	15,84	
	4	69	-10	5	2,00	
	5	68	13	23	20,32	
30 %	1	73	-2	10	6,71	
	2	61	-6	-18	17,49	
	3	78	2	59	28,20	
	4	65	-23	-27	32,94	
	5	72	23	15	17,92	
40 %	1	46	-2	19	33,00	
	2	62	-10	17	20,15	
	3	43	17	-12	68,67	
	4	61	-15	42	40,12	
	5	48	-7	3	30,55	
50 %	1	20	10	-20	68,15	
	2	80	-8	46	49,49	
	3	40	12	-40	90,37	
	4	60	8	48	49,30	
	5	49	-30	25	50,86	
Отсутствие термоусадочного покрытия	1	29	14	-31	68,19	
	2	98	-12	42	53,49	
	3	49	15	-49	94,28	
	4	72	6	54	53,54	
	5	59	-36	28	53,16	

Таблица 5

Изменение цветовых эффектов, расчет параметра ΔE для пяти слоев обмотки ПВХ (ФРГ) на подложке «Авиора»

Степень усадки поверхностного слоя ПВХ	Количество слоев	Координаты цвета			ΔE	Цвет
		L	*a*	*B*		
0 %	1	77	4	-2	0,00	
	2	78	4	4	0,00	
	3	49	5	14	0,00	
	4	38	4	-17	0,00	
	5	85	-8	-3	0,00	
10 %	1	57	5	10	23,35	
	2	74	1	3	5,10	
	3	65	-1	11	17,35	
	4	47	-1	10	28,90	
	5	70	-1	-4	16,58	
20 %	1	68	6	22	25,71	
	2	81	3	8	5,10	
	3	55	5	15	6,08	
	4	69	-7	-1	36,58	
	5	75	-2	25	30,33	
30 %	1	77	1	12	14,32	
	2	84	3	4	6,08	
	3	54	4	9	7,14	
	4	61	-11	-5	29,97	
	5	77	-4	18	22,83	
40 %	1	86	1	4	11,22	
	2	54	10	25	32,45	
	3	58	-8	-18	35,69	
	4	69	-3	8	40,44	
	5	69	3	22	31,65	
50 %	1	47	8	20	37,42	
	2	28	-3	-16	54,30	
	3	74	-8	-5	33,99	
	4	60	8	30	52,05	
	5	48	22	7	48,67	
Отсутствие термоусадочного покрытия	1	46	10	18	37,38	
	2	30	-4	-14	51,88	
	3	77	-10	-3	36,03	
	4	74	9	27	57,07	
	5	52	26	9	48,88	

Таблица 6

Изменение цветовых эффектов, расчет параметра ΔE для пяти слоев обмотки ПВХ (ФРГ) на подложке «Унибоб»

Степень усадки поверхностного слоя ПВХ	Количество слоев	Координаты цвета			ΔE	Цвет
		L	*A*	*B*		
0 %	1	72	5	27	0,00	
	2	60	10	-10	0,00	
	3	68	-7	-3	0,00	
	4	77	-1	33	0,00	
	5	71	12	11	0,00	
10 %	1	72	-7	5	25,06	
	2	63	20	7	19,95	
	3	67	6	-14	17,06	
	4	80	-15	24	16,91	
	5	75	9	28	17,72	
20 %	1	69	12	17	12,57	
	2	64	13	-10	5,00	
	3	72	-12	11	15,39	
	4	72	-3	31	5,74	
	5	69	21	-2	15,94	
30 %	1	54	5	-16	46,62	
	2	68	-18	4	32,31	
	3	74	-8	35	38,48	
	4	63	13	8	31,89	
	5	64	13	-10	22,16	
40 %	1	70	6	35	8,31	
	2	59	6	-14	5,74	
	3	56	18	11	31,06	
	4	61	13	-12	49,77	
	5	64	-13	4	26,89	
50 %	1	60	-20	11	32,02	
	2	68	6	45	55,72	
	3	70	18	11	28,72	
	4	56	23	-18	60,15	
	5	60	-16	-15	39,76	
Отсутствие термоусадочного покрытия	1	65	-24	16	31,80	
	2	76	4	49	61,42	
	3	67	22	9	31,40	
	4	52	19	-23	64,51	
	5	66	-8	-12	30,89	

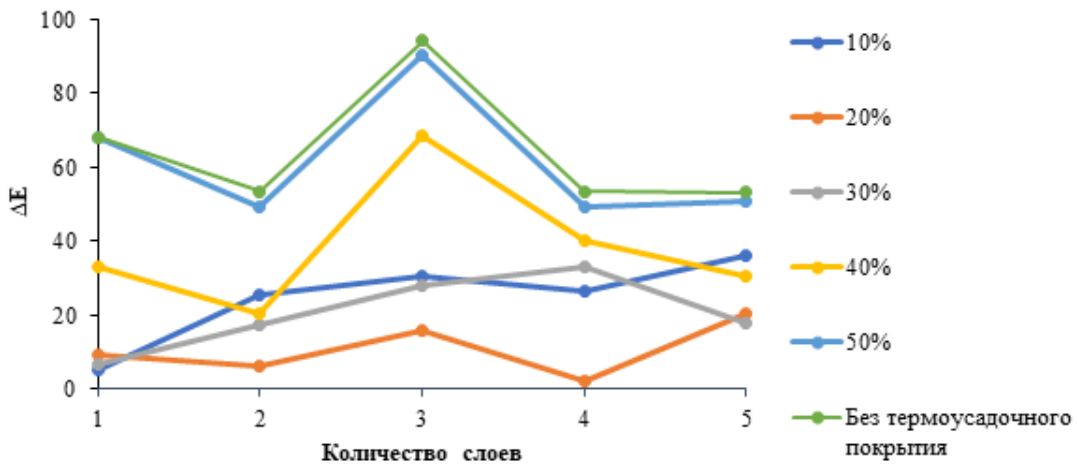


Рис. 7. Зависимость ΔE от количества слоев (ПВХ (РФ), «Авиора»)

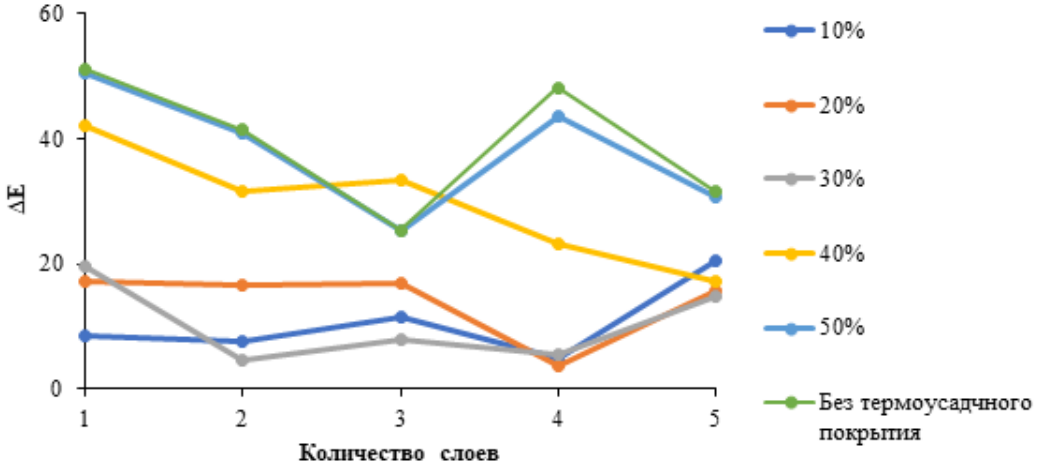


Рис. 8. Зависимость ΔE от количества слоев (ПВХ (РФ), "Унибоб")

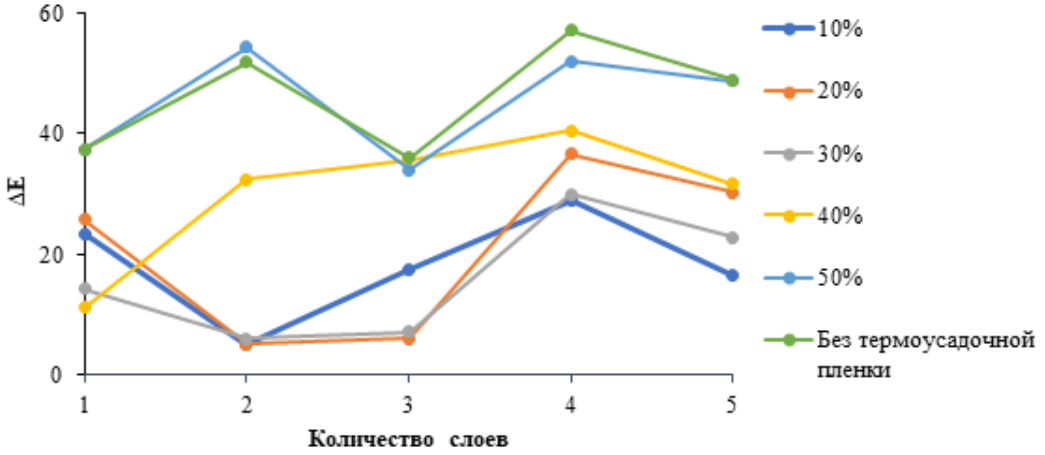


Рис. 9. Зависимость ΔE от количества слоев (ПВХ (ФРГ), "Авиора")

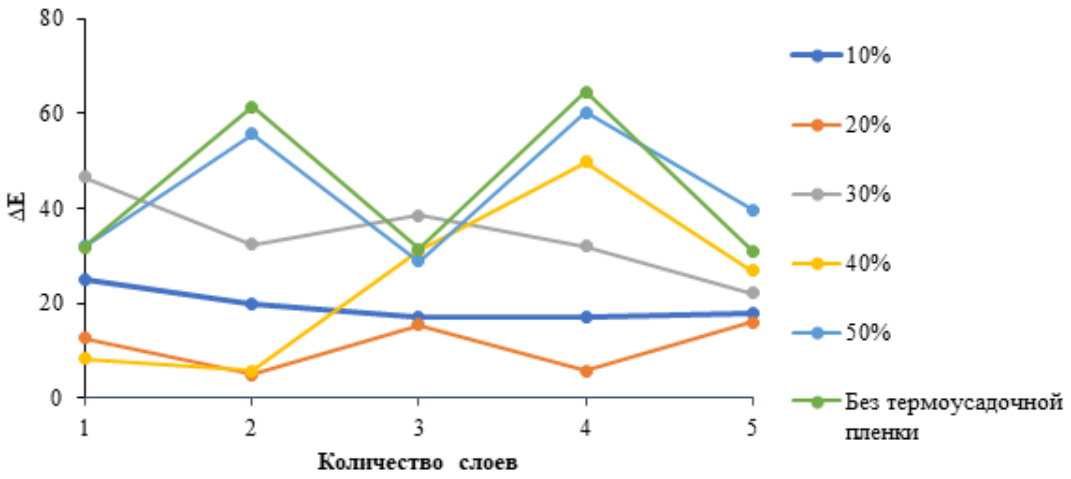


Рис. 10. Зависимость ΔE от количества слоев (ПВХ (ФРГ), "Унибоб")

Анализ полученных зависимостей позволяет выделить общие закономерности. Наибольшие значения ΔE, соответствующие максимально выраженным цветовым различиям, зафиксированы для двух случаев: при отсутствии термоусадочного слоя и при степени усадки 50 %. Кривые ΔE от числа слоев для усадки 50 % практически идентичны таковым для образцов без термоусадочного покрытия. Данное совпадение количественно подтверждает, что по достижении 50 % усадки верхний слой ПВХ теряет собственную оптическую активность, становится прозрачным и не искажает цветовую картину нижележащих слоев. При степенях усадки 10–20 % величины ΔE минимальны, что свидетельствует о незначительном изменении оптической активности. Промежуточное положение занимают степени усадки 30–40 %, для которых характерны средние ΔE с немонотонной зависимостью от числа слоев.

Увеличение степени термической усадки до 50 % приводит к существенному снижению собственной оптической активности верхнего слоя ПВХ. Количественным подтверждению этого служит высокая степень подобия зависимостей ΔE от числа слоев для образцов с усадкой 50 % и без термоусадочного покрытия. В результате становится возможным наблюдение исходных цветовых эффектов нижележащих слоев без искажающего влияния верхнего слоя.

Заключение

В работе установлена взаимосвязь между степенью термостимулируемой усадки внешнего покрытия из ПВХ (РФ и ФРГ) образцов и комплексом механических, электрических и оптических свойств, определяющих эффективность защиты от коротких замыканий.

В соответствии с поставленными задачами:

1. Исследовано механическое поведение ПВХ-пленок при циклической нагрузке после термической усадки в воде при 95 °C. При повышении температуры от 80 до 95 °C пиковое напряжение снижается на ~29 %, что указывает на ускорение релаксационных процессов.

2. Определена электрическая прочность многослойных систем из ПВХ. Установлено, что максимальная удельная электрическая прочность достигается при двух слоях (89,29 кВ/мм для ПВХ (РФ) и 160,00 кВ/мм для ПВХ (ФРГ)). Однако с учетом роста абсолютного пробивного напряжения и требований к надежности изоляции оптимальным для защиты от коротких замыканий признан диапазон 3–5 слоев.

3. Оценена оптическая активность ПВХ-пленок в поляризованном свете. Выявлено, что при степени усадки 50 % верхний слой ПВХ утрачивает собственную оптическую активность, что количественно подтверждается практически полной идентичностью зависимостей ΔE от числа слоев для образцов с усадкой 50 % и без термоусадочного покрытия. Это позволяет наблюдать исходные цветовые эффекты нижележащих пяти слоев без искажения.

Таким образом, термическая усадка ПВХ до 50 % обеспечивает оптическую прозрачность верхнего покрытия без критического снижения защитных свойств, а диапазон 3–5 слоев ПВХ является оптимальным для создания обмотки, защищающей от коротких замыканий.

Список литературы

1. Многослойные полимерные оболочки для скрытой маркировки зеркальных изделий / А.Ю. Погиба [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2025. Т. 87. №. 2. С. 180–189.

2. Погиба А.Ю. Кондратов А.П., Верещагин В.Ю. Ступенчатые сенсорные композиты для индикации силы сжатия при герметизации стыков // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2026. Т. 88. №. 1.

Долгова Д.Р.
студент
Дорошенко К.В.
аспирант
Научный руководитель: ***Ри Э.Х.***
профессор,
Тихоокеанский государственный университет,
Россия, Хабаровск
2021101141@togudv.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СООТНОШЕНИЯ $(AL_XCR_{1-X})(CO_YNI_{1-Y})$ НА ТВЕРДОСТЬ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА AL-CR-CO-NI

Аннотация. В настоящее время наблюдается повышенный спрос на конструкционные материалы с комплексом различных свойств, что стимулирует разработку новых сплавов. В данной работе рассмотрен класс высокоэнтропийных сплавов (ВЭС), в частности система Al-Co-Cr-Ni. В работе экспериментально исследовано влияние соотношения компонентов на твердость сплава Al-Cr-Co-Ni. Установлены зависимости между химическим составом и механическими характеристиками.

Ключевые слова: высокоэнтропийный сплав; механические свойства; твердость.

Введение

Уже более двух десятилетий активно изучаются высокоэнтропийные сплавы (ВЭС), однако, интерес к этому классу материалов продолжает расти. Высокоэнтропийные сплавы являются многокомпонентными системами с расчетным эквиатомным соотношением компонентов в шихте. Благодаря совместному присутствию в кристаллической решетке атомов, различающихся по электронному строению, размеру и термодинамическим характеристикам, решетка твердого раствора замещения испытывает сильные локальные искажения. Эти искажения, в свою очередь, обусловливают эффективное твердорастворное упрочнение и термодинамическую стабильность свойств, обеспечивая предсказуемое формирование твердых растворов [3].

Методика проведения исследования

Термодинамическое моделирование кривой охлаждения сплава Al-Co-Cr-Ni (25-25-25-25ат. %) выполнено методом CALPHAD. На основании данного метода были построены кривые охлаждения (приближение Шейла), по которым установили интервалы кристаллизации и последовательность выделения твердых растворов.

В соответствии с рассчитанным соотношением компонентов были заготовлены шихтовые материалы, которые затем переплавлялись три раза для достижения гомогенной структуры слитка в атмосфере аргона с использованием аргонодуговой печи [2]. В результате было изготовлено 9 образцов сплавов.

Твердость образцов определялась методом Роквелла по шкале HRA в соответствии с требованиями ГОСТ 9013-59. После проведения измерений осуществлялась обработка полученных результатов.

Результаты исследований

В результате термодинамического моделирования кривых охлаждения (на рис. 1 представлен пример для образца сплава системы Al-Cr-Co-Ni 25ат. % каждого компонента) можно увидеть зависимость изменения структурного состояния сплава от температуры.

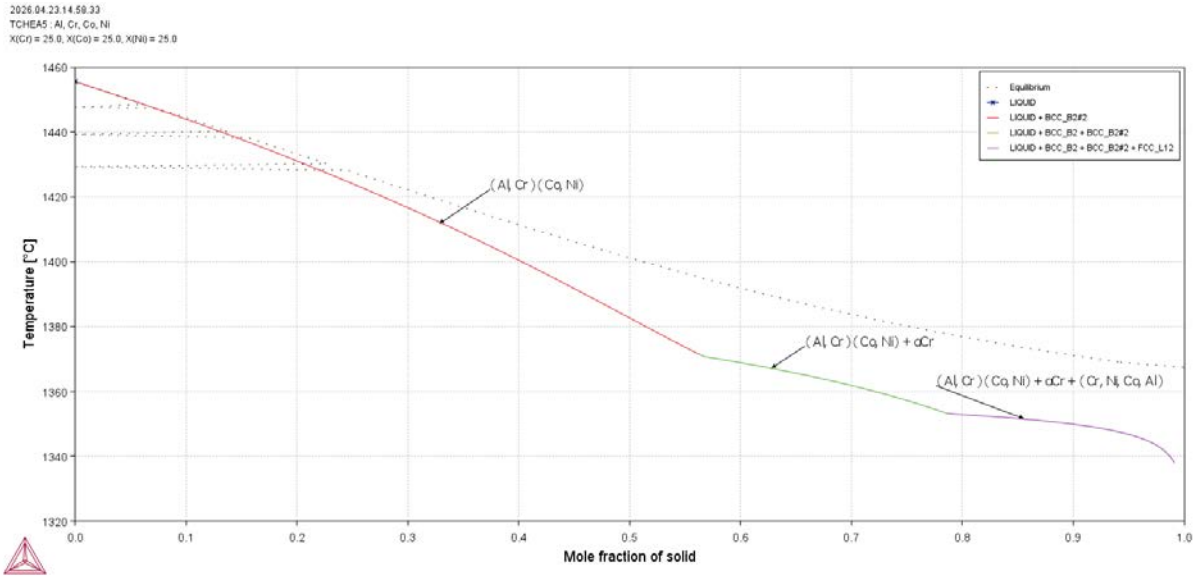


Рис. 1. Зависимость мольной доли твердой фазы от температуры при неравновесной кристаллизации сплава системы Al-Cr-Co-Ni (25ат. % каждого компонента)

На графике представлена зависимость мольной доли твёрдой фазы от температуры, рассчитанная в приближении Шейла (неравновесная кристаллизация). Линия демонстрирует широкий интервал кристаллизации, составляющий от температуры ликвидуса (TL ≈ 1455 °C, $f_s = 0$) до температуры солидуса (TS ≈ 1355 °C, $f_s = 1$). Пологий характер кривой указывает на последовательное выделение твёрдых растворов разных типов, что в дальнейшем коррелирует с изменением твердости.

На основе кривой охлаждения (рис. 1) установлено последовательное формирование трех типов структурных составляющих: однофазного твердого раствора (Al,Cr)(Co,Ni); двухфазной структуры с выделением α-Cr; и трехфазной структуры, включающей дополнительные фазы. Выявленные закономерности фазообразования согласуются с экспериментальными данными по твердости (таблица 1).

Таблица 1

Влияние химического состава на твердость (HRA) высокоэнтропийного сплава Al-Cr-Co-Ni

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Al, Ат %	25	17	33	25	17	33	25	17	33
Cr, Ат %	25	33	17	25	33	17	25	33	17
Co, Ат %	25	25	25	33	33	33	17	17	17
Ni, Ат %	25	25	25	17	17	17	33	33	33
HRA	81	79	79	82	82	78	81	77	79

Анализ экспериментальных данных (рис. 2) показывает, что Cr влияет на твердость по экстремальному закону. Кривая имеет явно выраженный максимум при 25 ат. % Cr, где значения твердости достигают HRA 82. При снижении концентрации хрома до 17 ат. % твердость уменьшается до HRA 78-79, а при повышении до 33 ат. % – до HRA 77-79.

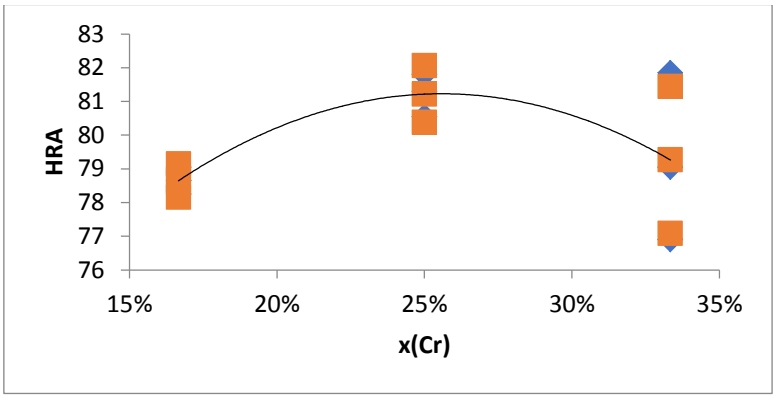


Рис. 2. Влияние Cr на твёрдость сплава (Al_xCr_{1-x})(Co_yNi_{1-y})

Если зависимость твердости от концентрации хрома имеет экстремальный характер с максимумом при 25 ат. %, то влияние кобальта подчиняется линейному закону (рис. 3). С повышением содержания Co от 17 до 33 ат. % твердость монотонно возрастает с HRA 77-79 до HRA 81-82. Следовательно, в отличие от хрома, для кобальта в исследованном интервале наблюдается экстремум, не обеспечивающий максимум твердости.

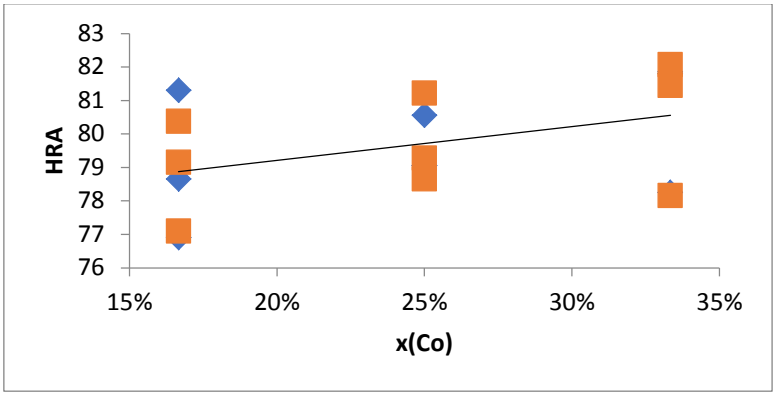


Рис. 3. Влияние Co на твёрдость сплава (AlxCr1-x)(CoyNi1-y)

Для уточнения характера влияния компонентов на твердость был проведен регрессионный анализ, результаты которого приведены в таблице 2.

Таблица 2

Коэффициенты регрессионной модели и их статистическая значимость (t-статистика)

Факторы	Коэффициенты уравнения регрессии	t-статистика
Y-пересечение	69	12,81
x(Cr)	118	3,06
x(Co)	-38	-2,87
x(Cr)x(Cr)	-325	-4,49
x(Cr)x(Co)	193	3,76

Достоверность полученных коэффициентов регрессии оценивалась с помощью t-статистики. Установлено, что для всех коэффициентов абсолютные значения t-статистики превышают критическое (|t| > 2,0), что свидетельствует об их статистической значимости при 95 %-м доверительном уровне. Следовательно, влияние Cr и Co на твердость сплава не является случайным, а отражает реальные физические закономерности.

В результате регрессионного анализа было получено следующее эмпирическое уравнение, описывающее зависимость твердости от концентрации компонентов:

$$HRA = 69 + 118 * C(Cr) - 38 * C(Co) - 325 * C(Cr)^2 + 193 * C(Cr)C(Co) \quad (1)$$

Полученное уравнение указывает на положительный вклад линейного члена Cr (118) и отрицательный вклад линейного члена Co (–38), что соответствуют различному характеру влияния этих элементов. Отрицательный квадратичный член для Cr (–325) описывает экстремальный характер его влияния, а положительный перекрестный член (193) свидетельствует о взаимодействии Cr и Co при формировании твердости.

Выводы

По результатам исследования твердости высокоэнтропийного сплава Al-Cr-Co-Ni с соотношением (AlxCr1-x)(CoyNi1-y) были установлены следующие закономерности изменения твердости в зависимости от концентрации Cr и Co:

1. Установлено, что зависимость твердости от содержания хрома имеет экстремальный характер. Максимальные значения твердости (HRA 81-82) достигаются при 25 ат. %. Отклонение от данного состава как в сторону уменьшения (до 17 ат. %), так и в сторону увеличения (до 33 ат. %) содержания хрома приводит к снижению твердости на 3-5 единиц HRA.
2. Кобальт демонстрирует линейную зависимость влияния на твердость, что упрощает прогнозирование свойств при варьировании его концентрации. Повышение атомной доли Co от 17 до 33 ат. % приводит к монотонному росту твердости с HRA 77-79 до HRA 81-82. Максимум в исследованном диапазоне концентраций Co не обнаружен.
3. Анализ полученного уравнения регрессии второй степени с высокой точностью описывает полученные экспериментальные данные (все коэффициенты статистически значимы при $|t| > 2{,}0$).

Заключение

Выводы, сделанные на основе анализа полученных данных, указывают на синергетическое взаимодействие Cr и Co, что требует дополнительного изучения с привлечением методов микроструктурного анализа (оптическая и электронная микроскопия) для выяснения физических механизмов, лежащих в основе наблюдаемых закономерностей [1]. С этой целью запланировано расширение диапазона исследования концентраций компонентов, а также оценка коррозионной стойкости полученных сплавов в агрессивных средах. В перспективе предполагается рассмотрение данных сплавов в качестве функциональных защитных покрытий для материалов, эксплуатируемых в экстремальных условиях. Результаты настоящей работы лягут в основу дальнейших исследований в рамках подготовки магистерской диссертации.

Список литературы

1. Иванов Ю.Ф., Осищев К.А., Громов В.Е., Коновалов С.В., Панченко И.А. Деформационное поведение высокоэнтропийного сплава системы Al – Co – Cr – Fe – Ni, изготовленного методом проволочно-дугового аддитивного производства // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2021. – Т. 64, № 1. – С. 68–74. – DOI: 10.17073/0368-0797-2021-1-68-74.

2. Ивченко М.В., Пушин В.Г., Wanderka N. Высокоэнтропийные эквиатомные сплавы AlCrFeCoNiCu: гипотезы и экспериментальные факты // Физика металлов и металловедение. – 2013. – Т. 114, № 6. – С. 504–518. – DOI: (если есть). – Дата поступления: 01.10.2012.

3. Фирстов С.А., Горбань В.Ф., Крапивка Н.А., Печковский Э.П. Новый класс материалов – высокоэнтропийные сплавы и покрытия // Вестник российских университетов. Математика. – 2013. – Т. 18, № 4-2. – С. 1938–1940

Шакаров Т.У., Ким С.О.
студенты
Научный руководитель: ***Арышенский Е.В.***
д.т.н., профессор,
Сибирский государственный индустриальный университет,
Россия, Новокузнецк
vladborw@inbox.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРЕХТОЧЕЧНОЙ ГИБКИ С УЧЕТОМ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ

Аннотация. В работе проведено исследование особенности текстурообразования в процессе гибки алюминиевых сплавов с эффектом пружинения с помощью компьютерного моделирования. В качестве испытуемого взят низколегированный алюминиевый сплав А5. Реализована модель для учета кристаллографической текстуры в процессе деформации. Моделирование осуществлялось путем создания сетки с зернами разной ориентации и последующем наложении нагрузки. Результат моделирования показал умеренное влияние текстуры на формообразование при гибке. Показано изменение основных текстурных компонент и их влияние на пружинение в процессе гибки.

Ключевые слова: кристаллографическая текстура; алюминиевые сплавы; гибка; математическое моделирование.

Введение

Алюминиевые сплавы активно используются в современных областях промышленности благодаря своим свойствам как низкая плотность, высокая прочность, коррозионная стойкость и пластичность. Одной из самых активно применяемых операций листовых изделий является гибка. Однако в процессе возникают трудности, отрицательно влияющие на целостность и качество готового изделия. К ним относятся трещины, сколы и неконтролируемое искажение геометрии [6, 7]. Ключевым моментом является проявление анизотропии в процессе деформации. Различные механические свойства по направлениям, зависящие от ориентировок кристаллитов в заготовке, сильно влияют на текучесть металла и итоговые геометрические характеристики.

Исследованиями доказано, что текстура изменяется в процессе деформации алюминиевых сплавов, в том числе в процессе гибки [4, 5]. Изучение тенденции поворота кристаллов в процессе гибки позволит выработать подходы к контролю анизотропии, что впоследствии поможет улучшить качество производимой продукции.

Методика

За основу для моделирования взят низколегированный алюминиевый сплав А5 со следующим хим. составом (таблица 1).

Таблица 1

Химический состав сплава А5

Сплав/Элемент	Al	Fe	Mn	Mg	Si	Cu	Cr	Zr
А5	Ост.	0,3	0.05	0,03	0,25	0,02	-	-

При помощи рентгеновского исследования и полученных функций распределения ориентировок были рассчитаны объемные доли текстурных ориентировок заготовки (таблица 2).

Таблица 2

Объемы текстурных ориентировок сплава А5

(hkl)<uvw>	Углы Эйлера			Рассеяние, °	Объемная доля, %
	φ_1	Φ	φ_2		
(001)<0-10>(Cube)	0	0	90	15	58,1
(112)<-1-11>(Cu)	90	35	45	15	9,9
(-101)<0-10>(Goss)	0	45	90	15	19,3
Бестекстурная составляющая					12,7

Сплав А5 характеризуется высокой объемной долей текстуры Cube 58,1 % и Goss 19,3 %, образовавшейся в процессе рекристаллизации. Компонента текстуры Cu 9,9 % обусловлена неполнотой рекристаллизации и особенностям эволюции кристаллических ориентировок в процессе холодной прокатки.

Моделирование трехточечного изгиба проводилось в программном пакете Calculix, использующем метод конечных элементов [1]. Заготовка представлена в виде алюминиевой полосы размером 30x15x1 мм, которая была разделена на 100 зерен различных размеров и ориентаций. Зерна представляют собой n конечных элементов. Размер и радиус скругления пуансона составлял 6x6,81 мм и 3 мм соответственно. Матрица размеров 15x25,88 мм с скруглением 2,5 мм. Пуансон в течении 3 секунд опускался на 6мм. После этого пуансон поднимался вверх для разгрузки материала.

На рисунке представлена заготовка с зернами разнотипной ориентации, используемая при расчете. Объемные доли текстурных ориентировок сплава А5 использованы при задании многокомпонентной текстуры.

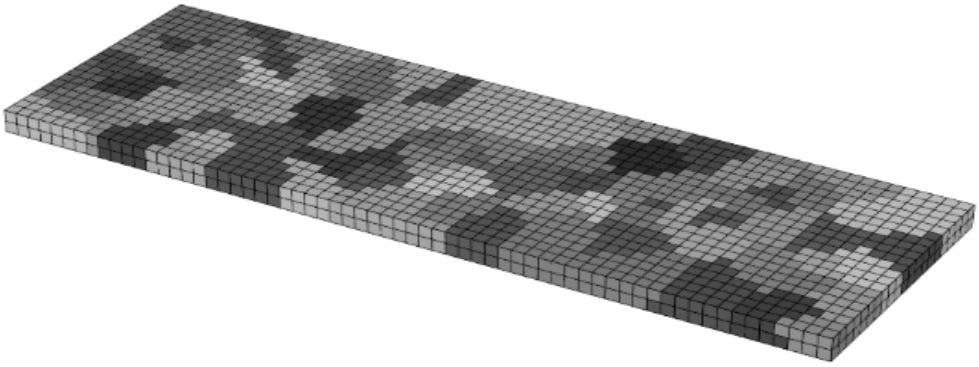


Рис. Структура зерен моделируемой заготовки

Используемая модель является модернизацией подхода для монокристалла [2, 3], соединяющего микро и макроуровни для полноценного описания анизотропных свойств. Модель была переориентирована на использование для алюминия, имеющего ГЦК решетку и 12 основных систем скольжения. При этом в алгоритме применяется обновление поворота кристаллографических плоскостей скольжения и учет изменения ориентировок зерен в процессе деформации.

Результаты

Моделирование показало, что превосходящая текстура Cube в начальной заготовке снижает пружинение при разгрузке. При гибке с заготовок с текстурой Cube и Brass видно, что упругая область при изгибе Cube заканчивается ранее чем при текстуре Brass. Это говорит о том, что присутсвует меньше упругой деформации, а значит несколько меньше будет и пружинение. В районе сгиба зерна с ориентировкой Goss переориентировались ближе к Brass, а текстура Cu увеличила свою интенсивность, что соответствует деформированному состоянию. При этом зерна не находящиеся в очаге деформации не изменили свою ориентацию.

В ходе исследования была реализована модель для учета изменения текстуры в процессе деформации на примере трехточечной гибки. Влияние текстуры на пружинение отражает необходимость учета анизотропии при моделировании для повышения точности расчетов.

Стоит отметить, что данный подход позволяет предсказывать изменение текстуры для различных алюминиевых сплавов, используемых в промышленности.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 2419-00590, https://rscf.ru/project/24-19-00590/.

Список литературы

1. Dhondt G. The Finite Element Method for Three-Dimensional Thermomechanical Applications // Wiley. 2004. P. 504.
2. M'eric L., Poubanne P., Cailletaud G. Single Crystal Modeling for Structural Calculations: Part 1 – Model Presentation // Journal of Engineering Materials and Technology. 1991. № 113. P. 162–170.
3. M'eric L., Cailletaud G. Single Crystal Modeling for structural Calculations: Part 2 – Finite Element Implementation // Journal of Engineering Materials and Technology. 1991. № 113. P. 171–182.
4. Muhammad W. [et al]. Experimental analyses and numerical modeling of texture evolution and the development of surface roughness during bending of an extruded aluminum alloy using a multiscale modeling framework // International Journal of Plasticity. 2017. № 117. P. 93–121.
5. Sabat R. [et al]. Effect of microstructure on fracture in age hardenable Al alloys // Philosophical Magazine. 2020. № 100. P. 1476–1498.
6. Westermann I. [et al]. Three-point bending of heat-treatable aluminum alloys: Influence of microstructure and texture on bendability and fracture behavior // Metall. Mater. Trans. A. 2011. № 42. P. 3386–3398.
7. Liu Yu., Hu P., Wang J. Springback simulation and analysis of strong anisotropic sheet metals in U-channel bending process // Acta Mech. Sin. 2002. № 18. 264–273.

Кэлугэряну С.К.
студент
Научный руководитель: ***Суслов М.В.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
senyworkstud@gmail.com

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ШТАНГЕНЦИРКУЛЕМ И 3D-СКАНЕРОМ ПРИ РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГЕ

Аннотация. В научной статье рассматриваются результаты измерений между штангенциркулем и 3Д-сканером при реверс-инжиниринге. Какой инструмент будет нести в себе меньшую погрешность и возможность получить наиболее точный результат. Разобраны какие погрешности могут встретиться при выборе использованных методов, как проявляются. Представлены результаты измерений и их анализ. Составлены соответствующие выводы и предположения.

*Ключевые слова:*3D-сканирование; твердотельная модель; измерения; погрешности; размеры; параметры.

Введение

В реверс-инжиниринге очень важно получить действительные размеры деталей для получения наилучшей копии. Основными инструментами для этого служат штангенциркуль и 3Д-сканирование с составлением твердотельной модели в последующем. Важно получать точные геометрические параметры деталей. Именно поэтому вопрос качества и точности стоит на первом месте при выборе инструмента в реверс-инжиниринге.

В данной работе будет сравнение двух измерительных приборов, а именно штангенциркулем с точностью измерения в 0,02 мм и с той же точностью 3Д-сканера.

Измерение штангенциркулем базируются на контакте измерительного прибора с деталью, что может влиять на точность получаемых геометрических параметров.

3Д-сканер базируется на использовании оптического и лазерного метода.

Таким образом, актуальность темы заключается в необходимости сравнение точностных характеристик штангенциркуля и 3Д-сканера для получения действительных размеров в задачах реверс-инжиниринга на детали. Такое сравнение позволяет выявить их преимущества и ограничения, а также определить области наиболее эффективного применения каждого подхода.

Пункт 1: Какие размеры были сняты с детали

В начала работы с тестовой детали были сняты размеры, указанные на рисунках 1−3, и сделана полигональная модель, показанная на рисунке 4.

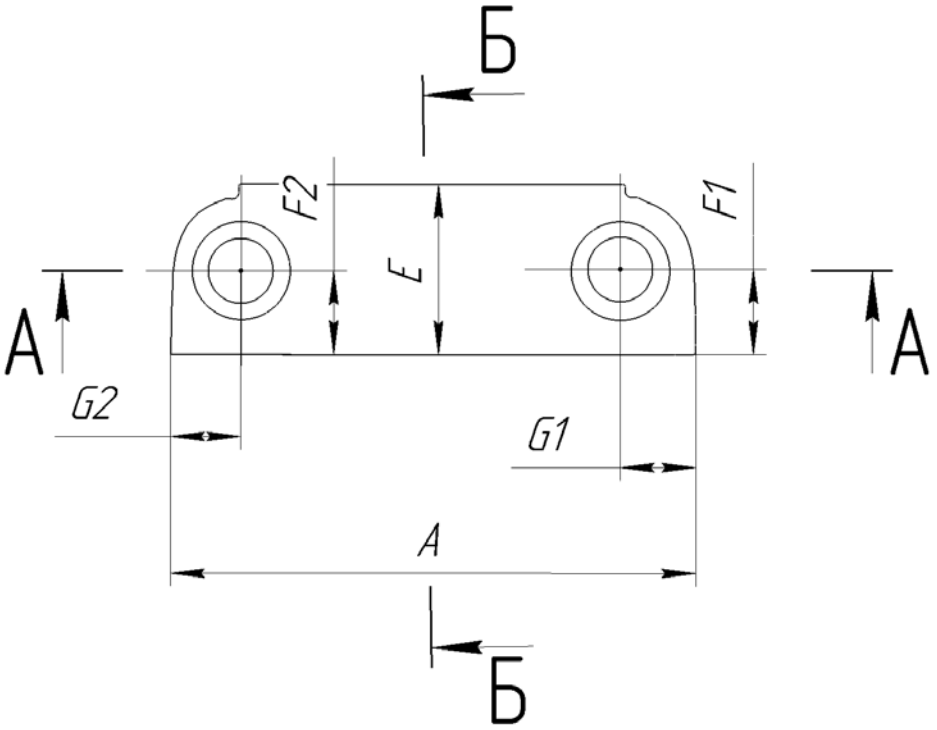


Рис. 1. Основной вид, показывающий взятые размеры

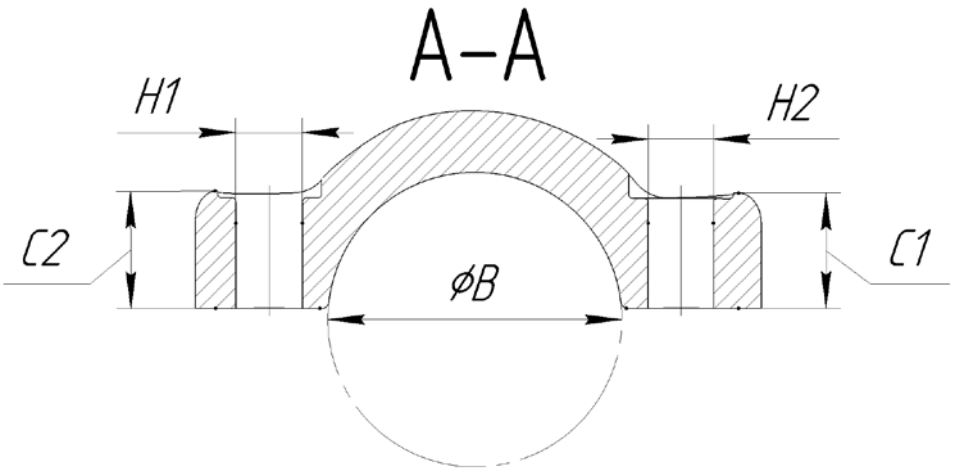


Рис. 2. Вид А-А, показывающий взятые размеры

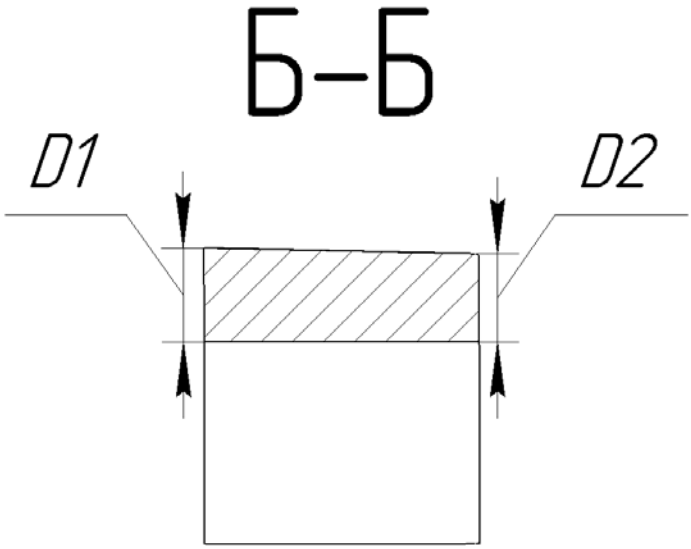


Рис. 3. Вид Б-Б, показывающий взятые размеры

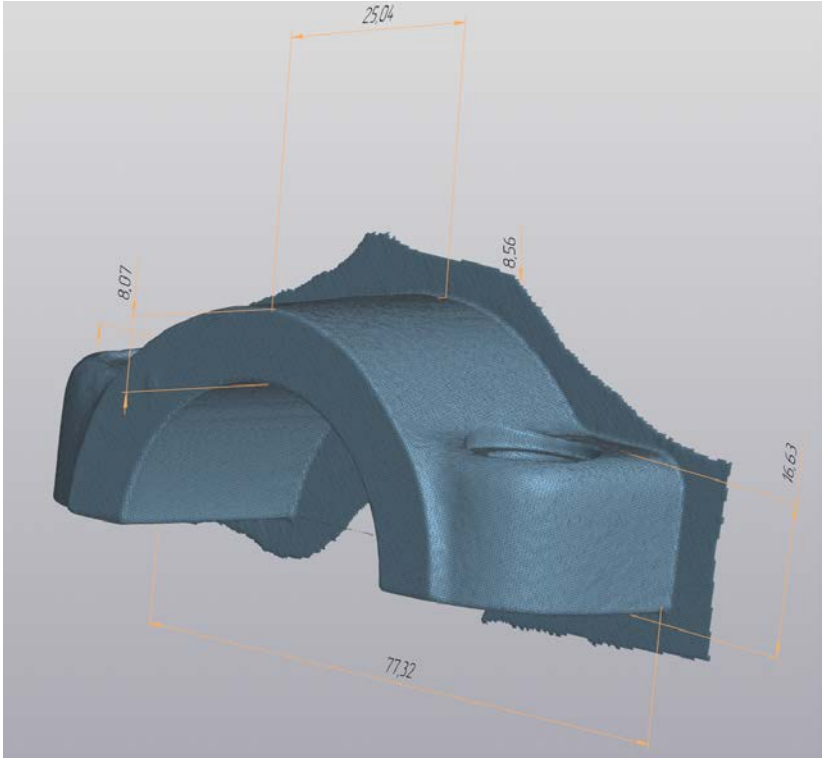


Рис. 4. Полигональная сетка детали с указанными размерами

Пункт 2: Погрешности, которые возникают при сканировании и измерении штангенциркулем

В ходе измерений возникают погрешности, чем меньше погрешностей встречается в процессе измерения, тем точнее результат.

Систематические погрешности встречаются для штангенциркуля и для 3Д-сканера, но есть погрешности, на которые можно избежать, используя 3Д-сканер. 3Д-сканер уменьшает кол-во влияющих погрешностей таких как: погрешность метода измерений, субъективная погрешность, суммированная погрешность. Метод получения копии является бесконтактным, что и позволяет добиться более высокой точности измерения, но важно соблюдать условия измерения. На точность твердотельной копии влияет полноценность облака точек, а на получение облака точек влияет количество совмещённых облаков и положение детали в пространстве.

Пункт 3: Деталь для теста

Для теста была взята деталь, представленная на рисунке 5 и была разработана твердотельная модель, показанная на рисунке 6.

Рис. 5. Деталь с трех видов

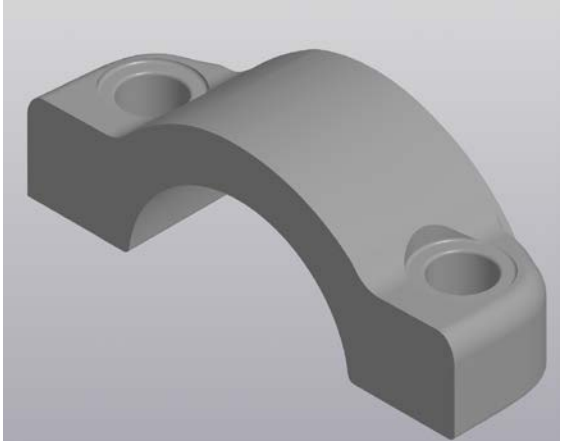


Рис. 6. Твердотельная модель детали

Особенности детали для теста

Главной особенностью детали является метод её изготовления – Литьё. Из способа изготовления следует, что её необработанные участки, будут иметь низкую точность, а именно 11-14 квалитет. Из чего следует разность измеряемых параметров в различных точках измерения, т.е. повышенный разброс измерения.

Деталь является соединяющей и требующая ответной части для измерения некоторых размеров, и дополнительных деталей.

Так же имеются скругления, которые невозможно измерить только штангенциркулем или требующие увеличение набора измерительных приборов.

Особенность заключается в том, что из-за наличия уклонов и скругления детали по внешнему контуру и внутреннему отверстию не совсем можно довериться полученным результатам. А именно размеры «А, В».

Особенность снятия размеров со сканированной детали заключается в том, что лазер не смог полноценно сканировать отверстия. В местах куда не попал лазер есть некоторые пустоты (Рис 7.). Из-за чего полноценно получить размеры отверстия получается только на моменте твердотельного моделирования. Так же не имеется возможность на скане снять центры отверстия из-за отсутствия точки привязки на самом скане.

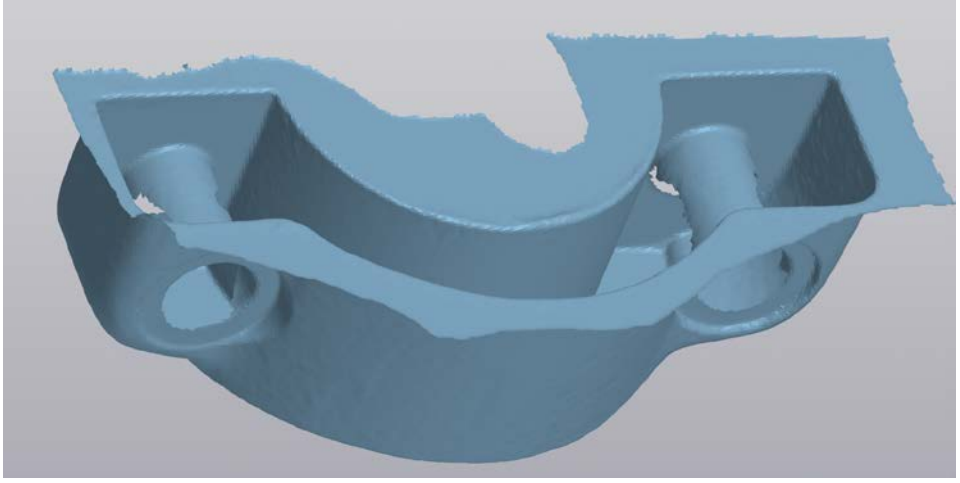


Рис. 7. Незаполненные отверстия и сторона на скане.

Чтобы избежать таких пустот нужно, правильно располагать деталь на поверхности. В случае с этой деталью, предпочтение было отдано сканированию детали без нужды дальнейшего совмещения двух облаков точек, чтобы увеличивает точность наружных размеров.

Пункт 4: Анализ карты отклонений между твердотельной моделью и сканом

Достаточно важно проанализировать карту отклонений (Рис. 8-11) между твердотельной деталью и сканом, чтобы понять примерное попадание твердотельной модели в скан для наименьшего накопления погрешностей. Хорошим попаданием будет считаться попадание в точки, с которых снимались измерения с облака точек. Для наиболее верного сравнения твердотельной модели с штангенциркулем, будет считаться попадание относительно облака точек в места, с которых брались измерения штангенциркулем.

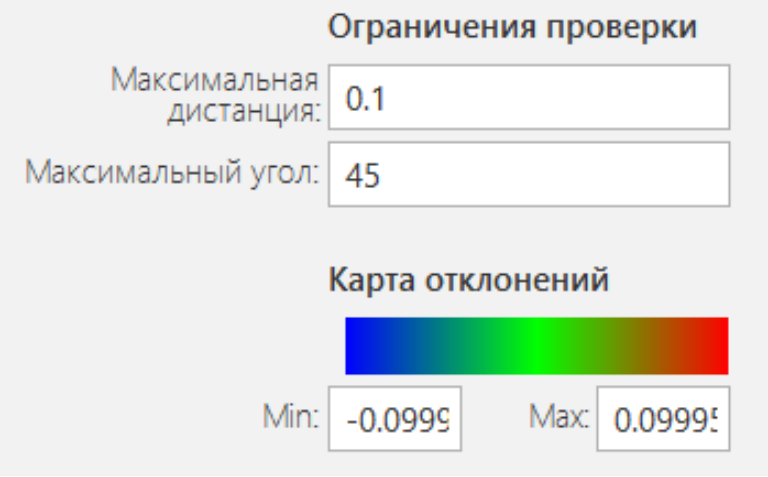


Рис. 8. Заданные ограничения карты отклонений в мм.

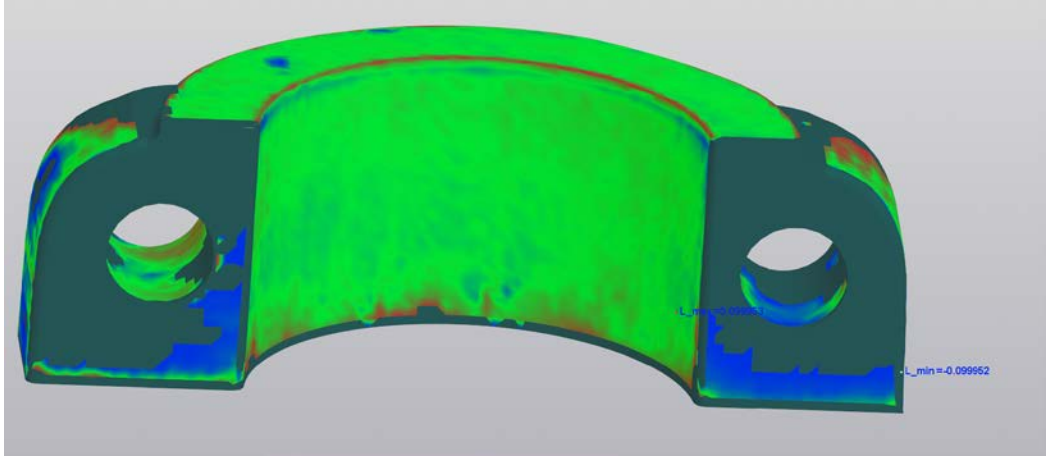


Рис. 9. Карта отклонений, вид снизу

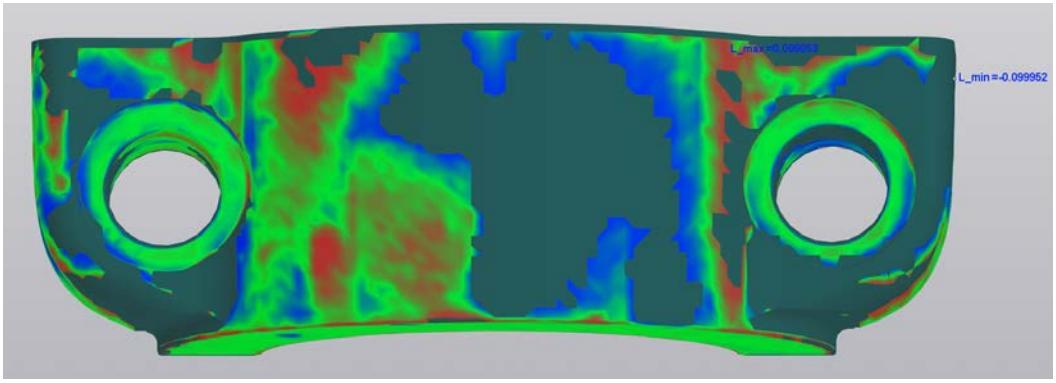


Рис. 10. Карта отклонений, вид сверху

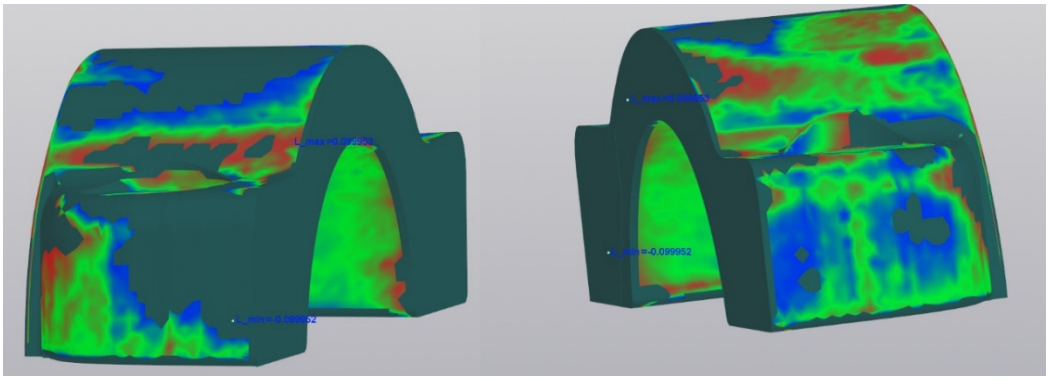


Рис. 11. Карта отклонений, виды сбоку

Из рисунков видно при параметре ±0.1 мм ограничений проверки видно, что твердотельная модель попала в места, с которых были сняты измерения штангенциркулем, что позволяет нам проанализировать разницу между твердотельной моделью и измерением штангенциркулем. Так же хочется отметить, что участок с внутреннем радиусом (размер B) имеет очень высокое попадание по всей площади полукруга. Что позволяет нам снять очень точно радиус/диаметр, не имея ответную часть.

Пункт 5: Результаты измерений и разница в результатах.

С штангенциркулем использовался метод прямых и косвенных измерений. Не производились расчёты абсолютных погрешностей. Считалось только среднее значение полученных измерений.

Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты измерений

Размеры указаны в мм	Измерения штангенциркулем	Измерения полигональная сетка	Измерения твердотельная модель
размер A	Ср., знач. 77,608±0,01	77,32±0,01	77,39
размер B	Ср., знач. 39,763±0,01	См., Тверд.	39,95
размер C1	Ср., знач. 16,27±0,01	16,18±0,01	16,15
размер C2	Ср., знач. 16,4833±0,01	16,63±0,01	16,69
размер D1	Ср., знач. 8,6966±0,01	8,56±0,01	8,57
размер D2	Ср., знач. 8,226±0,01	8,07±0,01	8,05
размер E	Ср., знач. 25,016±0,01	25,04±0,01	25,08
размер H1	Ср., знач. 9,664±0,01	См., Тверд.	9,05
размер H2	Ср., знач. 9,632±0,01	См., Тверд.	8,88
размер G1'	Ср., знач. 11,084±0,01	См., Тверд.	11,12
размер G2'	Ср., знач. 10,072±0,01	См., Тверд.	10,33
размер F1'	Ср., знач. 12,548±0,01	См., Тверд.	12,55
размер F2'	Ср., знач. 12,496±0,01	См., Тверд.	12,31

Таблица 2

Отличия между результатов измерений

Размеры указаны в мм	Измерения штангенциркулем	Отклонение полигональной сетки	Отклонение твердотельной модели
размер A	Ср., знач. 77,608±0,01	−0,37 %	−0,28 %
размер B	Ср., знач. 39,763±0,01	не удаётся сравнить	+0,47 %
размер C1	Ср., знач. 16,27±0,01	−0,55 %	−0,74 %
размер C2	Ср., знач. 16,4833±0,01	+0,89 %	+1,26 %
размер D1	Ср., знач. 8,6966±0,01	−1,57 %	−1,46 %
размер D2	Ср., знач. 8,226±0,01	−1,90 %	−2,14 %
размер E	Ср., знач. 25,016±0,01	+0,10 %	+0,26 %
размер H1	Ср., знач. 9,664±0,01	не удаётся сравнить	−6,35 %
размер H2	Ср., знач. 9,632±0,01	не удаётся сравнить	−7,81 %
размер G1'	Ср., знач. 11,084±0,01	не удаётся сравнить	+0,32 %
размер G2'	Ср., знач. 10,072±0,01	не удаётся сравнить	+2,56 %
размер F1'	Ср., знач. 12,548±0,01	не удаётся сравнить	+0,02 %
размер F2'	Ср., знач. 12,496±0,01	не удаётся сравнить	−1,49 %

Для полигональной сетки минимальное отклонение равно 0,1 %, максимальное отклонение равно 0,89 %. Для твердотельной модели минимальное отклонение равно 0,02 %, максимальное отклонение равно 7,81 %.

Наиболее выражено отклонение в отверстиях (H1, H2 размером до 10 мм) при переводе в твердотельную модель потеря точности размеров составила 6,35 % и 7,81 % – это демонстрирует, что цифровой метод оказался менее точным при получение действительных размеров отверстий при реверс инжиниринге, остальные же размеры позволяют получить представление о действительном размере детали, независимо от инструмента получения геометрических размеров.

Выводы

В результате полученных измерений и методов, можно получить вывод, что оба метода дают представление о действительном и номинальном размере детали, за исключением отверстий до 10 мм и для 3Д-сканера глубиной более 10 мм.

Полигональная сетка:

В конечном итоге можно дать рекомендацию на каждый метод, для получения действительного размера наиболее подходит 3Д сканирование совместно с преображением в твердотельную деталь, потому что не требует ответной части детали и отклонения не будут являться существенными. Если учесть особенность детали, а именно что изготовлена из литья, то в результате твердотельного моделирования всё равно попадаем в 10-14 квалитет.

Малые отверстия (менее ⌀10 мм) являются наиболее проблемным участком для 3Д сканирования отклонение составило более 5 %, поэтому для получения действительного размера предпочтение стоит отдать штангенциркулю или иному наиболее точному инструменту. С крупным отверстием ⌀40 мм метод 3Д-сканирование +твердотельная модель показал себя более удовлетворительно 0,47 % и не требует второй детали, для получения действительных размеров.

Для работы с квалитетами точнее 9-го и размерами менее 100мм лучше использовать более точный инструмент.

Список литературы

1. Шишмарев В. Ю. Метрология, стандартизация, сертификация и техническое регулирование. – 2012. – С. 91 -97.

2. ГОСТ 25346–89. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и посадки. – Введ. 1990-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 7 с. – URL: https://www.ntcexpert.ru/documents/docs/normativs/gost_25346-89.pdf (дата обращения: 20.04.2026). – Текст: электронный.

Михеева И.И.
студент
Научный руководитель: ***Суслов М.В.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
boxirina0212@mail.ru

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ SLA

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальной оценки точности изготовления цилиндрических деталей методом стереолитографии (SLA). Исследовано влияние точности аппроксимации CAD-модели (шаг полигонализации 0,001–0,5 мм) на отклонение от круглости и соответствие посадкам 8-го квалитета (h8, f8, e8).

Ключевые слова: SLA-печать, точность изготовления, допуск h8, допуск f8, допуск e8, отклонение от круглости, аппроксимация CAD-модели.

Почему точность важна

При аддитивном производстве (3D-печати) готовая деталь может незначительно отличаться от цифровой модели, созданной в CAD-системе. Всегда присутствуют определенные расхождения: габариты могут быть чуть увеличены или уменьшены, округлые элементы – не идеально сферичны. Тем не менее, когда детали должны соединяться, например, вал и соответствующее ему отверстие или подшипник, даже микронные отклонения приобретают критическое значение.

Если размеры не соответствуют требуемым, могут возникнуть три типа проблем:

• Элемент не входит в предусмотренное для него место, так как его размеры превышают допустимые (преждевременное увеличение).

• Наблюдается люфт или чрезмерная подвижность из-за недостаточных габаритов (излишнее уменьшение).

• Происходит заклинивание соединения, что указывает на некорректно заданные параметры (неадекватное подгонка).

Недостаток исследований для SLA

В последние годы наблюдается всплеск научных работ, посвященных анализу точности 3D-печати. Технологии FDM, SLS и PolyJet были тщательно изучены. В частности, для FDM исследовались деформации, искажения и температурные эффекты. SLS выделяется благодаря своей точности, шероховатости и плотности. PolyJet же обеспечивает высокую точность и идеальную гладкость поверхности. Для этих методов существуют обширные статистические данные, стандартные параметры и руководства по настройке.

Исследования, касающиеся SLA-технологии (стереолитографии), в систематическом плане развиты в меньшей степени. Особого внимания требуют следующие аспекты: влияние шага аппроксимации при экспорте моделей в STL на точность воспроизведения реальных размеров, изменения в круглости цилиндрических элементов при различных уровнях детализации модели, а также возможность достижения конкретных квалитетов посадок, таких как h8, f8, e8, требующих допусков в сотые доли миллиметра.

Большинство исследователей, работающих с SLA, фокусируются на химии фотополимеров, механических характеристиках или применении в медицине. Аспекты технологической точности в контексте машиностроительных посадок остаются практически неизученными. Хотя Шумков с коллегами [5] отмечают, что точность SLA-изделий зависит от степени полимеризации и последующей обработки, и что неравномерное отверждение ведет к искажению формы из-за непропорциональной усадки, вопрос о том, как шаг полигонализации при экспорте в STL влияет на достижение допусков h8, f8, e8, все еще ждет своего решения.

Объект исследования

Модель заглушка, состоящая из двух из частей: 1-верхняя часть, диаметр подогнан под допуск высота номиналом 15 мм; 2-нижняя часть основание, допуски ни на какие поверхности не наложены. Диаметр 30 мм, высота 15 мм (рисунок 1).

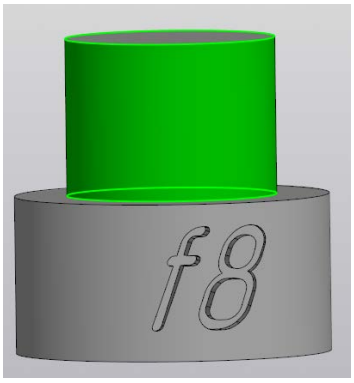


Рис. 1. Модель детали

Оборудование: 3D-принтер технологии SLA Anycubic Photon Mono 4.

Инструменты: Микрометр 0-25 мм с ценой деления 0.01 мм, приборная погрешность ±0.005 мм;

штангенциркуль с ценой деления 0.02 мм, приборная погрешность ±0.1 мм.

Проверяем точность изготовления, для этого выполняем следующее.

На верхний цилиндр назначаем IT8 квалитет посадка с зазором:

e8 – $\emptyset 20^{-0.04}_{-0.073}$мм, берем среднее значение 19,94 мм

f8 –$\emptyset 20^{-0.02}_{-0.053}$ мм, берем среднее значение 19,96 мм

h8 –$\emptyset 20^{0}_{-0.033}$мм, берем среднее значение 19.98 мм

Для обозначения результатов аппроксимации ставим штрихи слева от подписи, пример на рисунке 2. Также составим таблицу точности результата (Таблица1).

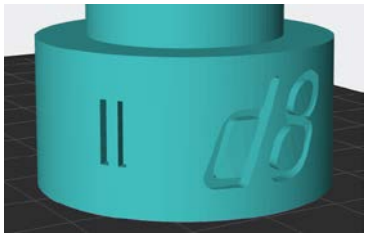


Рис. 2. Пометка аппроксимации

Таблица 1

Сопоставлении точности и результата

0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.5

Обоснование выбора 8-го квалитета

Выбор 8-го квалитета обусловлен несколькими ключевыми факторами:

• Стандартные отклонения при SLA-печати составляют около ±0,2 %, с нижней границей ±0,2 мм. При диаметре 20 мм это эквивалентно погрешности примерно ±0,04 мм. 8-й квалитет, характеризующийся допуском 33 мкм в диапазоне 18–30 мм, находится на пике технологических возможностей, что делает его идеальным для объективной оценки точности.

• В машиностроении 8-й квалитет является распространенным стандартом для изготовления компонентов, таких как зубчатые колеса, подшипники качения и центрирующие поверхности. Посадки H8/h7 и H8/e8 признаны оптимальными для подвижных механизмов.

• Достижение 6-го и 7-го квалитетов (13–21 мкм) при SLA-печати без дополнительной обработки является невозможным. С другой стороны, 9-й и 10-й квалитеты (52–84 мкм) характеризуются слишком большим уровнем шероховатости для оценки прецизионности.

• 8-й квалитет сопоставим с результатами чистового точения и тонкого шлифования, что позволяет проводить прямое сравнение с традиционными методами механической обработки.

Погрешность измерений

Общая погрешность результата принималась равной **половине размаха** пяти измерений (Dmax–Dmin)/2, так как разброс из-за некруглости в десятки раз превышает приборную погрешность. Приборные погрешности (±0,005 мм и ±0,01 мм) не учитывались, поскольку они пренебрежимо малы.

Итоговые погрешности:

• для диаметров 20 мм: ±0,07…±0,16 мм;

• для высоты h8: ±0,08 мм;

• для диаметра 30 мм (h8): ±0,30 мм.

Практическая часть

На 3D-принтере Anycubic Photon Mono 4 были распечатаны образцы в разные партии со сменой фотополимерной смолы. Фотографии полученных образцов на рисунке 3.

Рис. 3. Напечатанные образцы

Делаем измерения на деталь по 5 замеров. Измерения записываем в таблицы 2−4.

Таблица 2

Допуск f8 (номинал 19,96)

Точность (мм)	1 (мм)	2 (мм)	3 (мм)	4 (мм)	5 (мм)	Среднее (мм)	Отклонение от номинала (мм)	Поле допуска
0,001	19,95	19,91	19,93	19,89	19,92	19,92	–0,08	-0,02 -0,053
0,005	19,96	19,94	19,95	19,93	19,97	19,95	–0,05	
0,01	19,94	19,90	19,92	19,88	19,91	19,91	–0,09	
0,05	19,97	19,93	19,95	19,91	19,94	19,94	–0,06	
0,1	19,95	19,90	19,92	19,87	19,91	19,91	–0,09	
0,5	19,93	19,88	19,90	19,85	19,89	19,89	–0,11	

Вывод:

Только при точности 0,005 мм деталь попала в допуск (на нижней границе).

Таблица 3

Посадка h8 (номинал 19,98)

Точность	1	2	3	4	5	среднее	Отклонение от номинала	Поле допуска
0,001	19,97	19,94	19,96	19,93	19,95	19,95	–0,05	0 -0.033
0,01	19,96	19,93	19,95	19,92	19,94	19,94	–0,06	
0,05	19,98	19,96	19,97	19,95	19,97	19,97	–0,03	
0,1	19,95	19,92	19,94	19,91	19,93	19,93	–0,07	
0,5	19,84	19,90	19,92	19,89	19,91	19,91	–0,09	

Вывод:

При точности 0,05 мм деталь соответствует допуску.

Таблица 4

Допуск e8 (номинал 19,94)

Точность	1	2	3	4	5	среднее	Отклонение от номинала	Поле допуска
0,001	19,92	19,89	19,91	19,88	19,90	19,90	–0,10	-0.04 -0.073
0,005	19,94	19,91	19,93	19,90	19,92	19,92	–0,08	
0,01	19,89	19,86	19,88	19,85	19,87	19,87	–0,13	
0,05	19,95	19,92	19,94	19,91	19,93	19,93	–0,07	
0,1	19,91	19,88	19,90	19,87	19,89	19,89	–0,11	
0,5	19,93	19,90	19,92	19,89	19,91	19,91	–0,09	

Вывод:

Ни одна точность не обеспечила попадание в допуск. Наиболее близкий результат – при 0,05 мм (19,93 мм).

Таблицы измерений от округлости для каждой посадки

По ГОСТ 24643-81, допуски круглости для интервала размеров 18–30 мм выписываем подходящие в таблицу 5.

Таблица 5

Допуски круглости

Степень точности	Допуск круглости, мкм	Допуск круглости, мм
10	40	0,040
11	60	0,060
12	100	0,100
13	160	0,160
14	250	0,250

Назначаем степень точности и округленности для каждой точности 3-экземпляров, записываем все в таблицы 6−8.

Таблица 6

Допуск f8

Точность	D max	D min	D max – D min	Отклонение от округлости	Степень точности округленности
0,001	19,98	19,84	0,14	0,07	12
0,005	20,00	19,85	0,15	0,08	12
0,01	20,02	19,83	0,19	0,10	12
0,05	20,05	19,86	0,19	0,10	12
0,1	20,07	19,82	0,25	0,13	13
0,5	20,10	19,78	0,32	0,16	13

Вывод:

Увеличение шага аппроксимации закономерно приводит к росту отклонения от круглости, изменяясь от 0,07 мм (при шаге 0,001) до 0,16 мм (при шаге 0,5). Согласно ГОСТ 24643-81, наилучшая точность соответствует 12-й степени (0,001–0,05 мм), а наихудшая – 13-й (0,1–0,5 мм).

Таблица 7

Допуск h8

Точность	D max	D min	D max – D min	Отклонение от округлости	Степень точности округленности
0,001	19,96	19,89	0,07	0,04	11
0,01	20,00	19,88	0,12	0,06	11
0,05	20,02	19,89	0,13	0,07	12
0,1	20,04	19,86	0,18	0,09	12
0,5	20,07	19,83	0,24	0,12	12

Вывод:

Для посадки типа h8 наилучшая степень округлости достигается при соблюдении точности 0,001 (0,04 мм, 11-й класс). Если же использовать грубую аппроксимацию с погрешностью 0,5 мм, то круглость ухудшается в три раза, достигая значения 0,12 мм.

Таблица 8

Допуск e8

Точность	D max	D min	D max – D min	Отклонение от округлости	Степень точности округленности
0,001	19,92	19,85	0,07	0,04	11
0,005	19,94	19,86	0,08	0,04	11
0,01	19,96	19,84	0,12	0,06	11
0,05	19,98	19,85	0,13	0,07	12
0,1	20,00	19,82	0,18	0,09	12
0,5	20,03	19,79	0,24	0,12	12

Вывод:

Для обеспечения наилучшей круглости при посадке e8 требуется высокая точность, в идеале – от 0,001 до 0,005 мм (что соответствует 11-й степени точности, или 0,04 мм). Применение же грубого приближения (0,5 мм) приводит к трехкратному ухудшению показателей.

Выведем все значения в одну общую таблицу 9 некруглости.

Таблица 9

Точность	**f8 (мм)**	**h8 (мм)**	**e8 (мм)**
0,001	0,07 (12 ст.)	0,04 (11 ст.)	0,04 (11 ст.)
0,005	0,08 (12 ст.)	0,04 (11 ст.)	0,04 (11 ст.)
0,01	0,10 (12 ст.)	0,06 (11 ст.)	0,06 (11 ст.)
0,05	0,10 (12 ст.)	0,07 (12 ст.)	0,07 (12 ст.)
0,1	0,13 (13 ст.)	0,09 (12 ст.)	0,09 (12 ст.)
0,5	0,16 (13 ст.)	0,12 (12 ст.)	0,12 (12 ст.)

Вывод:

наилучшая круглость (0,04–0,07 мм, 11–12 степень) – при шаге 0,001–0,005 мм. При шаге 0,5 мм круглость ухудшается в 2–3 раза (0,12–0,16 мм, 12–13 степень).

Проведем сравнительный анализ высоты основания для двух деталей, используя допуски h8 и f8, запишем все в таблицу 10. Важно отметить, что допуски на эти высоты не были установлены. Номинальное значение составляет 15 мм.

Таблица 10

Высоты основания

Деталь	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**среднее**	**Отклонение от номинала**
h8	15,2	15,3	15,36	15,3	15,3	15,3	+0,3
f8	15	15	15	15	15	15	0

Деталь h8 получилась выше на 0,30 мм, f8 – точно по номиналу. Различие – случайный технологический фактор. Теперь сравним диметры нижнего цилиндра точности 0.01, номинал 30 мм и все запишем в таблицу 11.

Таблица 11

Диаметры основания

Деталь	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**среднее**	**Отклонение от номинала**
h8	29,4	30	29,5	29,6	29,6	29,62	-0,38
f8	29,6	29,62	29,62	29,64	29,42	29,58	-0,42
e8	30	30	30	30	30	30	0

Вывод:

h8: Отклонение от нормы составило -0,38 мм (в сторону уменьшения).

f8: Величина ниже номинала на 0,42 мм.

e8: Отсутствие отклонения от номинала (0,00 мм) – аномалия.

Заключение

Степень округлости детали напрямую коррелирует с выбранным шагом аппроксимации. Оптимальные показатели округлости, находящиеся в диапазоне 0,04–0,07 мм (что соответствует 11–12 классу точности согласно ГОСТ 24643-81), наблюдаются при использовании шага в пределах 0,001–0,005 мм. В случае увеличения шага до 0,5 мм, погрешность существенно возрастает, достигая 0,12–0,16 мм (12–13 класс точности).

Не во всех случаях удается обеспечить соответствие допускам f8, h8, e8. Проведенный эксперимент выявил следующие закономерности:

- Допуск f8 был достигнут только при шаге 0,005 мм, при этом результат оказался на нижней границе допустимого диапазона.
- Для достижения допуска h8 требовался шаг 0,05 мм.
- Ни один из испытанных шагов аппроксимации не позволил обеспечить соответствие детали допуску e8.

Свободные размеры, в частности высота 15 мм и диаметр 30 мм, продемонстрировали разброс значений от 0,00 до +0,30 мм и от –0,42 до 0,00 мм соответственно. Примечательно, что деталь с допуском e8 показала аномально высокую точность.

Список литературы

1. ГОСТ 25346-2013. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки. – М.: Стандартинформ, 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://files.stroyinf.ru (дата обращения: 12.04.2026).
2. ГОСТ 24643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения. – М.: Издательство стандартов, 1981. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dokipedia.ru (дата обращения: 12.04.2026).
3. ГОСТ 2.308-2011. Единая система конструкторской документации. Указание допусков формы и расположения поверхностей. – М.: Стандартинформ, 2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://dokipedia.ru (дата обращения: 12.04.2026).
4. ГОСТ Р 57558-2017 / ISO/ASTM 52900:2015. Аддитивные технологические процессы. Базовые принципы. Часть 1. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://normativ.kontur.ru (дата обращения: 12.04.2026).
5. Шумков А.А., Абляз Т.Р., Матыгуллина Е.В., Килина П.Н. Эффект искажения формы RP-моделей в процессе послойного наращивания и постобработки синтезируемого материала // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2016. – Т. 18, № 1. – С. 133–145. – DOI: 10.15593/2224-9877/2016.1.11. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/effekt-iskazheniya-formy-rp-modeley-v-protsesse-posloynogo-naraschivaniya-i-postobrabotki-sinteziruemogo-materiala (дата обращения: 14.04.2026).
6. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении: учебное пособие. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru (дата обращения: 12.04.2026).
7. Голубев А.Н., Быковский Д.И. Исследование точности 3D-печати на тестовых моделях // Материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. – Витебск: ВГТУ, 2017. – Т. 2. – С. 329-331. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru (дата обращения: 12.04.2026).
8. Тарасов А.А., Полянсков Ю.В., Шевченко А.С. Точность изготовления деталей методами аддитивных технологий // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2018. – № 4 (36). – С. 46-50. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru (дата обращения: 12.04.2026).
8. Аддитивные технологии. Обзор методов 3D-печати [Электронный ресурс] // 3DToday. – Режим доступа: https://3dtoday.ru (дата обращения: 12.04.2026).
9. Допуски и посадки. Система допусков ИСО [Электронный ресурс] // Машиностроительный портал. – Режим доступа: https://mashinostroitel.ru (дата обращения: 12.04.2026).

Дзагоева С.О., Петрова Ю.А.
студенты,
dzagoevagsofa123@gmail.com
Научный руководитель: ***Архангельский В.Ю.***
д.т.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ГИБКИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МОДУЛЬ СБОРКИ ДЫМОВОГО ЭЛЕМЕНТА

Аннотация. Представлено техническое решение по созданию гибкого производственного модуля сборки дымовых элементов. Цель – повышение безопасности и производительности процесса сборки дымового элемента за счет полной автоматизации путем создания гибкого производственного модуля.

Ключевые слова: автоматизация, процесс сборки; дымовой элемент; дымовой состав, гибкий производственный модуль, манипулятор, мехатронные системы.

Введение

Многие сборочные процессы производства изделий из энергонасыщенных материалов являются экстенсивными из-за наличия большого количества ручных операций, некоторые из которых являются опасными [1].

Примером такого процесса является сборка дымового элемента методом закатки (рис. 1). Дымовой элемент состоит (рис. 1а) из шашки 1, которая представляет собой пиротехнический дымовой состав [2], запрессованный в оболочку, бумажного кольца 2 и стальной решетки 3.

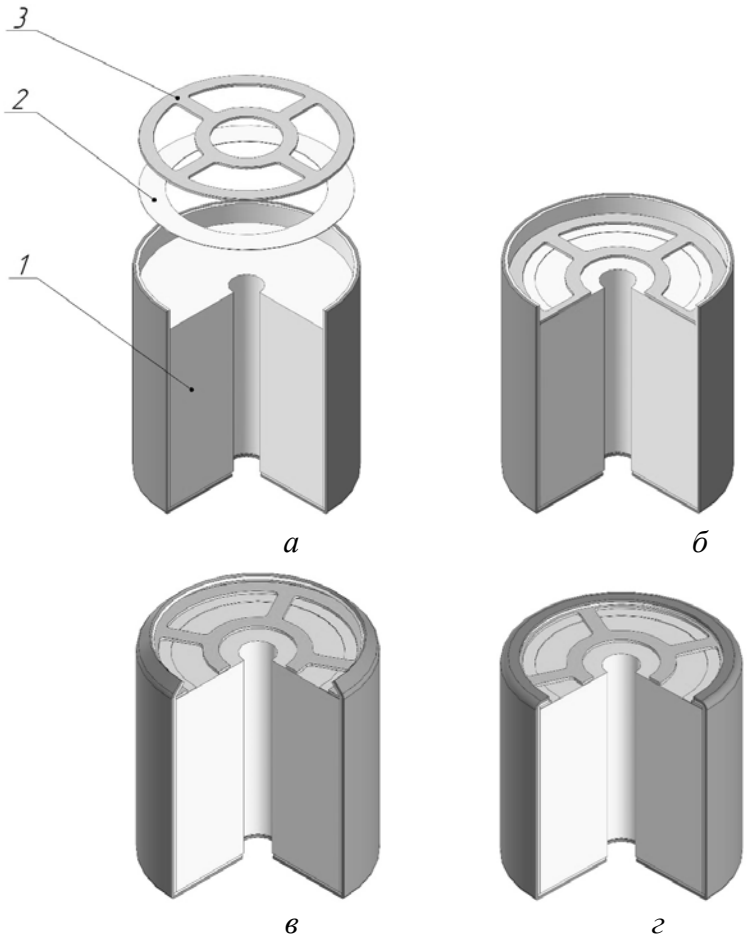


Рис. 1. Схема сборки дымового элемента

Технология сборки состоит из трех операций:

- установка бумажного кольца на торец шашки и поверх него – металлической решетки (рис.1 б);
- первая закатка дымового элемента на угол 45° (рис.1в);
- вторая (окончательная) закатка на угол 90° (рис. 1г).

В настоящее время в сборочном производстве используется двухпозиционный полуавтоматический станок закатки дымового элемента (рис. 2).

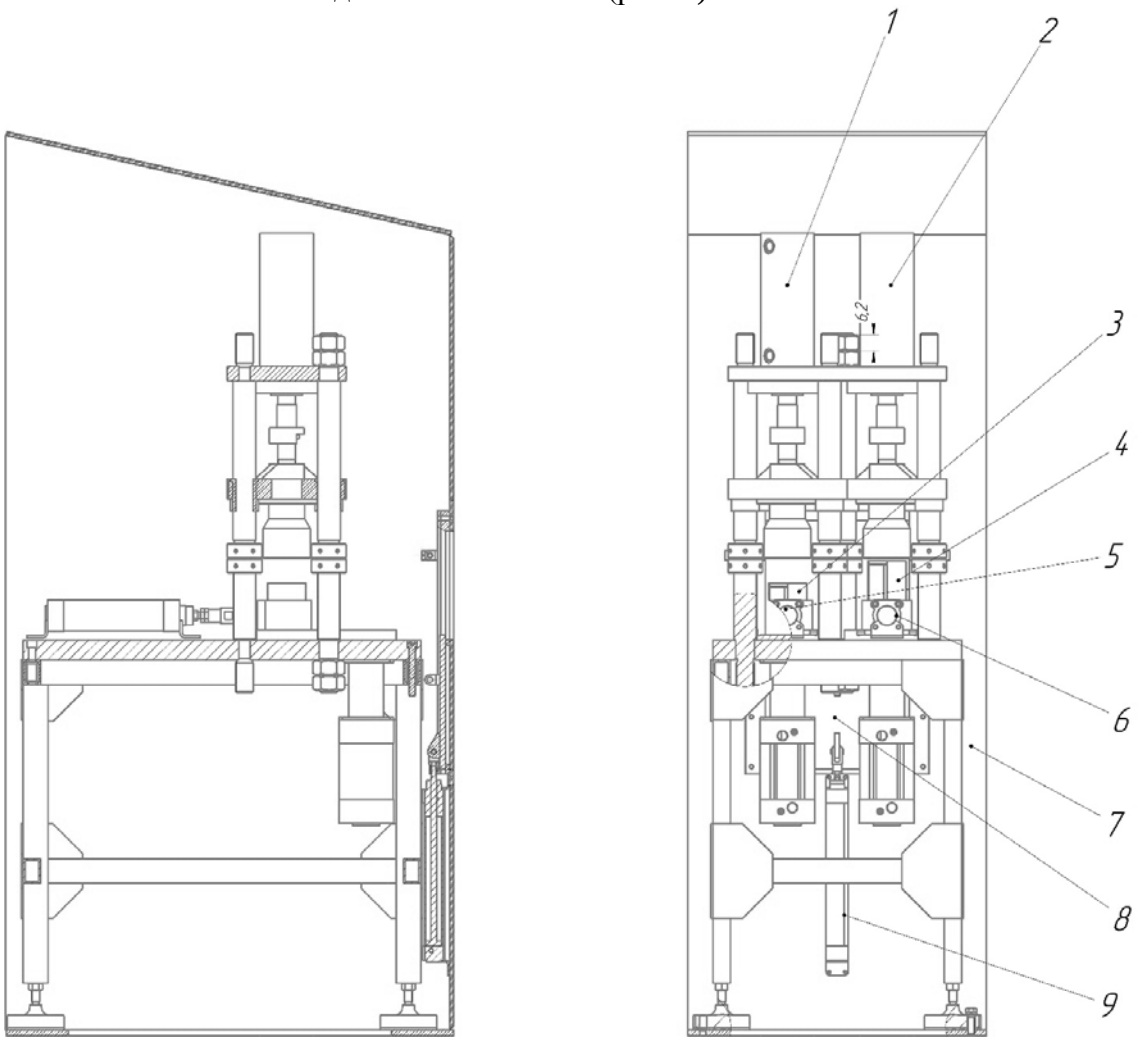


Рис. 2. Двухпозиционный полуавтоматический станок закатки дымового элемента

Он состоит из двух гидроцилиндров 1 и 2, которые параллельно производят закатку дымовых элементов на 45 и 90 градусов, устанавливаемых вручную на оправках 3 и 4. Оправки с установленными дымовыми элементами на рабочие позиции перемещают пневмоцилиндры 5 и 6. Для обеспечения безопасности процесса закатки станок устанавливается в специальный щит 7, снабженный шибером 8 с линейным пневмоприводом 9.

Сборка производится следующим образом. Рабочий вручную комплектует сборку деталями (вкладывает в дымовой элемент бумажное кольцо и поверх него металлическую решетку). Затем собранный элемент устанавливает в оправку 3 и включает кнопку пуск на панели управления станком. Шибер 8 перемещается линейным пневмоприводом на позицию «закрыто», обеспечивая безопасность рабочего в случае аварийной ситуации.

Пневмоцилиндр 5 перемещает оправку с элементом на рабочую позицию и гидроцилиндр 1 производит закатку дымового элемента на 45°. После окончания операции закатки, пневмоцилиндр 5 перемещает оправку с дымовым элементом на исходную позицию и шибер 8 перемещается пневмоцилиндром 9 в позицию «открыто».

Рабочий вручную вынимает дымовой элемент из оправки 3 и устанавливает в оправку 4. Затем вновь вручную комплектует следующую сборку и устанавливает в оправку 3. Затем

нажимает кнопку «пуск» пульта управления и происходит аналогичный процесс, при котором выполняются параллельно уже две операций закатки на 45□ и 90□.

По окончании цикла закатки, рабочий из оправки 4 вынимает собранный дымовой элемент, и укладывает его в транспортную тару. Переставляет дымовой элемент из оправки 3 в оправку 4. Вновь комплектует сборку и устанавливает комплект в оправку 3. После чего цикл закатки повторяется.

Недостатки такой схемы сборки очевидны. Наличие ручной комплектации сборки часто приводит к ошибкам в условиях крупносерийного производства (путается очередность деталей), что приводит к увеличению количества неисправимых бракованных деталей, так как разобрать закатанный дымовой элемент невозможно из-наличия пиротехнической дымовой шашки.

Ручные манипуляции с дымовым элементом являются опасными, так как могут привести к травмированию рабочего при случайном срабатывании пиротехнической шашки.

Низкая производительность из-за повышенных затрат времени на выполнение операций комплектации сборки, перестановок дымового элемента с позиции на позицию и укладки элемента в транспортную тару.

Одним из вариантов повышения эффективности процесса сборки дымового элемента является создание гибкого производственного модуля, в котором все перечисленные операции будут выполнятся мехатронными системами [3].

Цель данной работы – повышение безопасности и производительности процесса сборки дымового элемента за счет полной автоматизации путем создания гибкого производственного модуля (ГПМ).

Концепция гибкого производственного модуля сборки дымового элемента

Гибкий производственный модуль [4] состоит (рис. 3) из станка закатки дымового элемента 1, с силовым гидроприводом, трехосевого манипулятора 2, оснащенного вакуумным захватом, двухосевого манипулятора 3, загрузочного стола 4 с лотками 5 и 6, на которых расположены детали дымового элемента, наклонного склиза 7 для подачи шашек, пневмоцилиндра поперечного перемещения 8, пневмоцилиндра продольного перемещения 9. Манипулятор 3 оснащен пневматическим захватом с призматическими губками для захвата и перемещения.

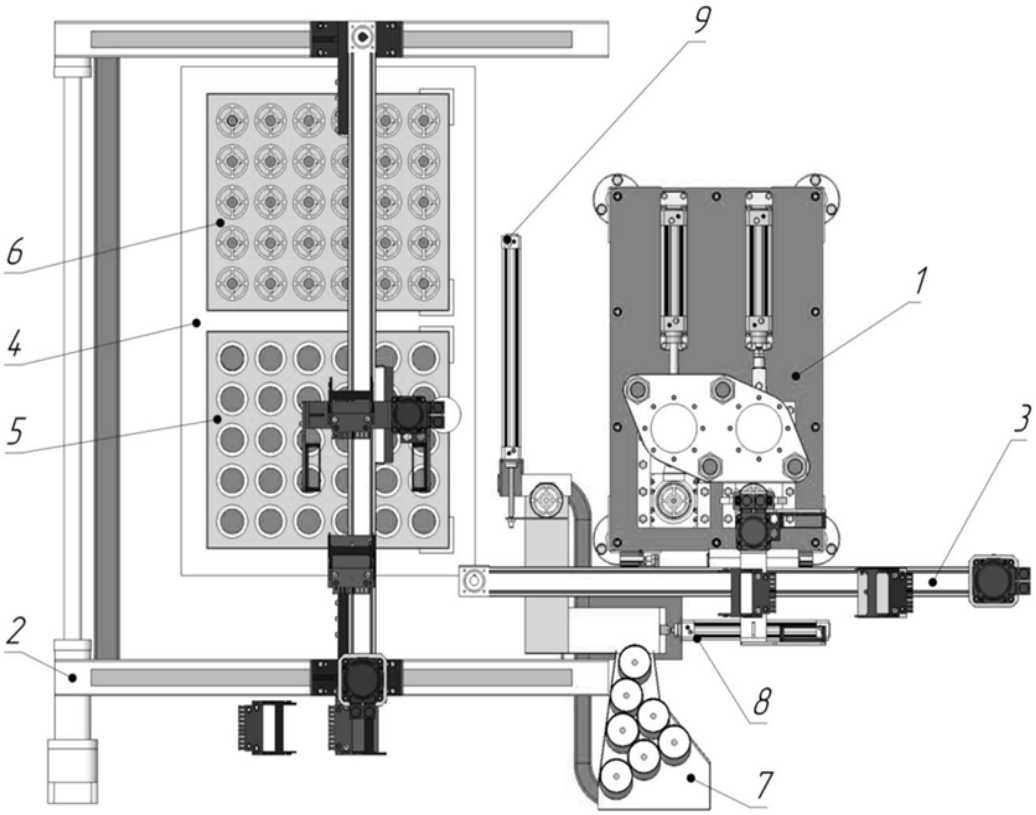


Рис. 3. Схема гибкого производственного модуля сборки дымового элемента

Работа гибкого производственного модуля

Шашки, предварительно запрессованные в оболочку на автоматической линии) устанавливаются на наклонный склиз 7, по которому детали по одной попадают под пластину пневмоцилиндра поперечного перемещения 8. Этот цилиндр сталкивает изделие на направляющий лоток. Далее пневмоцилиндром 9 шашка заталкивается в базирующую призму. Сборка дымового элемента осуществляется в этой позиции. Картонное кольцо и решетка устанавливаются в сборочную единицу трехосевым манипулятором 2, при помощи вакуумного захвата. Захват управляется вакуумным эжектором, установленным на корпусе портала 2. Контроль комплектности сборки предлагается осуществлять системой технического зрения, встроенной в трехосевой манипулятор 2.

Картонные кольца и решетки устанавливаются на загрузочный стол 4 в лотках 5 и 6 соответственно. Позиционирование деталей в лотках осуществляется по базирующим элементам. Конструкция лотка предусматривает 30 загрузочных мест, в каждое из которых устанавливается стопка из 10 деталей. Гибкий производственный модуль оснащен позиционной системой управления манипуляторами, которая позволяет по заданным координатам брать детали с лотков и комплектовать сборку.

После сборки двухосевой манипулятор перемещает изделие в станок 1 на позицию предварительной закатки (на 45°) и перестановку полуфабриката на позицию окончательной закатки (на 90°). Станок 1 производит закатку дымового элемента. По завершению цикла закатки двухосевой манипулятор осуществляет выгрузку готовых изделий в транспортную тару.

Обсуждение результатов

Анализ работы предложенного гибкого производственного модуля показал, что он обеспечит сборку дымового элемента без участия рабочего при условии комплектации деталями лотков в заданном порядке и бесперебойной подачи шашек на склиз модуля.

Автоматизация операции сборки и закатки дымового элемента позволит снизить брак, так как комплектация идет по заданной программе, повысить безопасность за счет исключения рабочих из технологического процесса, также увеличить производительность в 1,5–2 раза за счет автоматизации технологических и вспомогательных операций.

Гибкий производственный модуль может легко переналаживаться на выпуск аналогичных изделий с другой комплектацией и встраиваться в более сложные производственные системы.

Однако для обеспечения его работы необходимо производить укладку в лотках бумажного кольца и металлической решетки в заданном порядке, а также обеспечить бесперебойную подачу шашек на склиз модуля, поэтому представляется перспективным создание автоматической транспортно-складской системы (АТСС) [5] для обеспечения автоматизации процесса заполнения лотков деталями и подачи шашек в гибкий производственный модуль.

Для заполнения лотков можно использовать триподы (роботы с параллельной кинематикой) [5], оснащенные техническим зрением, которые широко применяются в настоящее время в автоматизации процессов сборки и упаковки (рис. 4), а лотки подавать модульными конвейерами, которые позволяют позиционировать лотки на рабочих позициях гибкого производственного модуля.

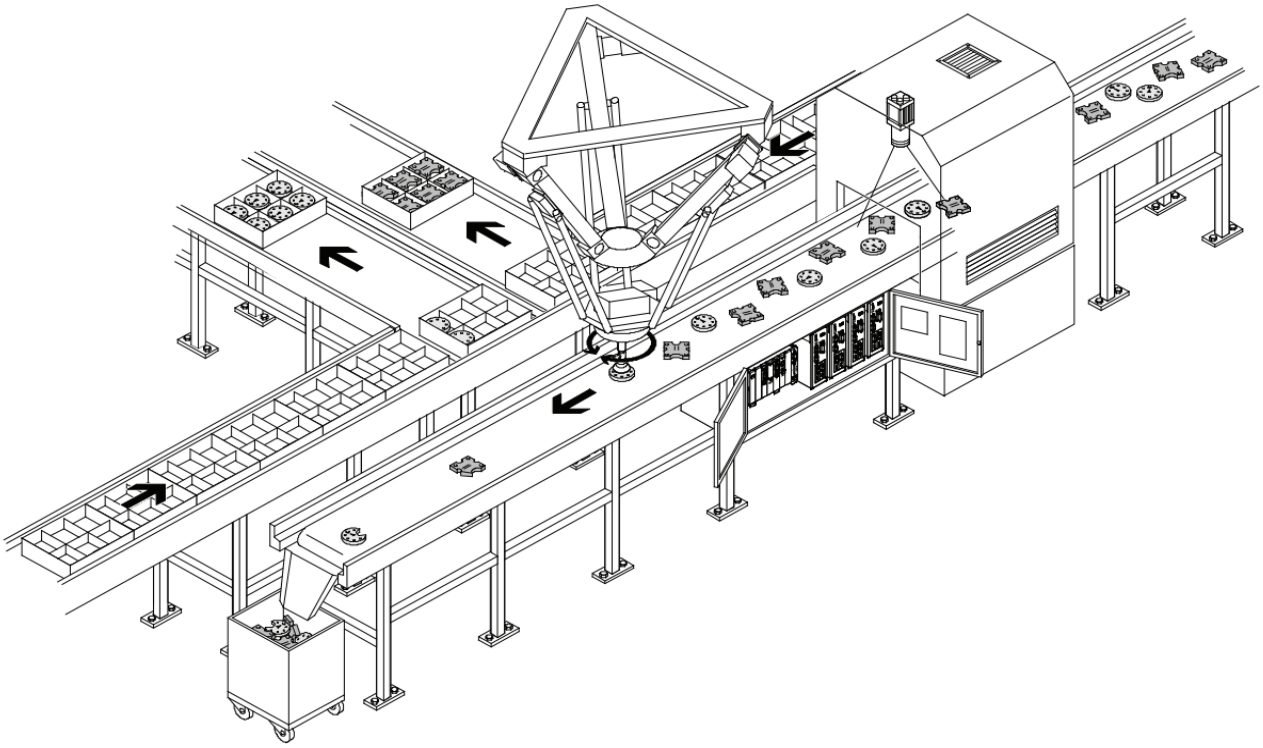


Рис. 4. Схема комплектации лотков деталями при помощи роботов с параллельной кинематикой, оснащенных техническим зрением

Для подачи шашек рационально использовать ленточный конвейер. В складском помещении необходимо установить трехосевой манипулятор или декартовый робот [5] для подачи шашек на конвейер (рис. 5).

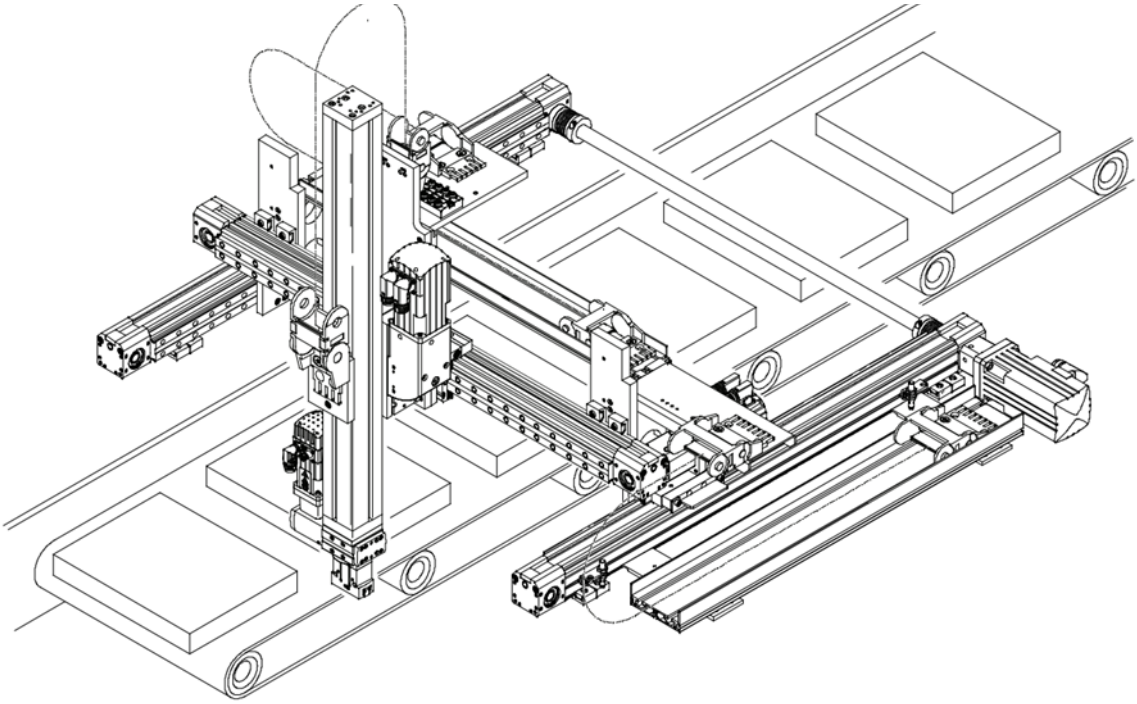


Рис. 5. Схема установки заготовок трехосевым пневматическим манипулятором на ленточный конвейер

Выводы

1. Гибкий производственный модуль на базе пневматических манипуляторов и линейных мехатронных модулей обеспечит сборку дымового элемента без участия рабочего при

условии комплектации деталями лотков в заданном порядке и бесперебойной подачи шашек на склиз модуля.

2. Анализ работы модуля показал, что автоматизация операции сборки и закатки дымового элемента позволит снизить потери от брака продукции, повысить безопасность и увеличить производительность в 1,5 – 2 раза.

3. Гибкий производственный модуль может легко переналаживаться на выпуск аналогичных изделий с другой комплектацией и встраиваться в более сложные производственные системы.

4. Представляется перспективным создание автоматической транспортно-складской системы (АТСС) для обеспечения автоматизации процесса заполнения лотков деталями и подачи шашек в гибкий производственный модуль.

Список литературы

1. Архангельский В.Ю., Шибанов С.В. Перспективы и проблемы применения промышленных роботов и РТК в пиротехническом производстве // Боеприпасы и высокоэнергетические конденсированные системы. 2025. № 2. С. 70–74.
2. Комплексная автоматизация технологических процессов в пиротехническом производстве / Н.М. Вареных [и др.]. Сергиев Посад: АО «ФНПЦ «НИИ прикладной химии», 2022. 91 с.
3. Мельников В.Э. Современная пиротехника. М., 2014. 480 с.
4. Силаев, А.А. Гибкие производственные системы и современные системы с ЧПУ [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. А. Силаев, С. И. Ефремкин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ВПИ (филиал) ФГБОУ ВО ВолгГТУ. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,98 МБ). – Волжский, 2024.
5. Тиньков О.В. Техника автоматизированного производства энергонасыщенных материалов и изделий: учебное пособие. М.: МГУИЭ, 2004. 442 с.

Кадочникова А.Н.
студент,
a.cadochnickova@yandex.ru
Научный руководитель: ***Суслов М.В.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В работе проведен сравнительный анализ детали «Каркас», изготовленной методами послойного синтеза – FDM и LCD. Актуальность исследования обусловлена активным внедрением аддитивных технологий в промышленность и потребностью в обосновании выбора метода послойного синтеза. Изготовлены тестовые образцы, проведены измерения 14 контрольных размеров. Установлено, что метод LCD обеспечивает более высокую точность и качество по сравнению с FDM. Результаты могут быть использованы при обосновании выбора технологии аддитивного производства для изготовления деталей с заданными допусками.

Ключевые слова: аддитивные технологии; послойный синтез; точность изготовления; сравнительный анализ; FDM; LCD.

Введение

С давних времен производство и машиностроение занимают важную часть в экономике и развитии страны. Традиционные способы изготовления деталей имеют как преимущества,

так и недостатки. Их применение позволяет получить прочные, точные и износостойкие детали, но такие способы могут быть времязатратными или дорогостоящими.

С каждым днем происходит усовершенствование цифровых технологий, а инновации становятся доступными для использования в различных сферах жизни человека. Аддитивные технологии пользуются все большим спросом при изготовлении деталей любой сложности во всем мире.

Современное развитие промышленности характеризуется активным внедрением аддитивных технологий, позволяющих изготавливать детали сложной геометрической формы. Однако, несмотря на широкое разнообразие методов послойного синтеза, остается проблема обеспечения геометрической точности важных конструкторских размеров и всей детали в целом. Детали, изготовленные на разном оборудовании или разными методами послойного синтеза, на практике часто демонстрируют неточность размеров.

В условиях активного внедрения цифровых и инновационных технологий возникает потребность в сравнении и обосновании выбора метода послойного синтеза (аддитивных технологий), который будет соответствовать требованиям Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Цель данной работы заключается в проведении сравнительного анализа геометрических параметров деталей, изготовленных разными методами послойного синтеза, на соответствие требованиям технической документации.

Описание конструкции детали

В данной работе рассмотрена деталь «Каркас», состоящая из основных геометрических элементов, необходимых для проведения сравнительного анализа.

Каркас представляет собой несущую конструкцию и призван выдерживать нагрузки, обеспечивать надежность и устойчивость объекта. Деталь «Каркас» – самая жесткая часть фюзеляжа летательного аппарата. На нее крепятся все крышки, исполнительные механизмы и датчики. Изделие «Каркас» имеет габаритные размеры 162 мм*100 мм*100 мм.

Для выбранной и проанализированной детали была построена 3D-модель в программе КОМПАС-3D (рис. 1), а также выполнен чертеж.

Рис. 1. Модель детали «Каркас»

Данное изделие содержит ключевые конструкторские элементы, необходимые для оценки точности аддитивных технологий и проведения сравнительного анализа. Сквозные отверстия, валы, плоские поверхности и толщина стенок помогут оценить точность изготовления детали методом послойного синтеза.

Описание технологий

В данной работе для достижения результатов деталь создавалась с помощью двух методов послойного синтеза: Fused Deposition Modeling (FDM) и LCD (Liquid Crystal Display). Данные технологии являются одними из самых распространенных и востребованных способов аддитивного производства.

Fused Deposition Modeling – метод послойного синтеза пластиковой нити. Он является одним из самых популярных, дешевых и простых способов. Данная технология использует материалы в виде нити или прутка разных диаметров. FDM технология 3D печати зарекомендовала себя как самый доступный и популярный способ послойного синтеза. Данный вид печати позволяет получить детали сложной конфигурации за счет быстрого и легкого процесса изготовления и постобработки.

LCD (Liquid Crystal Display) – метод послойного синтеза, основанный на послойном отверждении фотополимерных смол, чувствительных к свету, с использованием ультрафиолетового излучения. Преимуществами данной технологии, прежде всего, являются высокая скорость печати и отличная детализация (независимо от сложности геометрии).

Использование технологии FDM позволит оценить погрешность, вызванную усадкой. Метод LCD является одной из самых точных и доступных технологий. Каждая из технологий вносит уникальные искажения в геометрию детали, что позволяет комплексно оценить влияние способа печати на точность измерений.

Изменение геометрии

Первоначально разработанная трехмерная модель детали имела габаритные размеры, которые соответствуют ее функциональному назначению согласно требованиям конструкторской документации. Однако в процессе подготовки было выявлено, что полномасштабное изготовление данной детали невозможно ввиду ограничений оборудования: максимальные размеры исходной модели превышали допустимые размеры рабочей камеры. В связи с этим печать объекта оказалась технически нереализуема без применения дорогостоящего оборудования, что не входит в рамки данной работы.

Было принято решение об изменении геометрии детали, что обеспечило возможность проведения сравнительного анализа. Преобразование заключалось в сокращении высоты детали. Диаметры отверстий и толщина стенок при этом остались неизменными. Это позволило сохранить возможность измерения и сравнения параметров ключевых элементов и поместить деталь в рабочую область построения фотополимерного принтера (рис. 2).

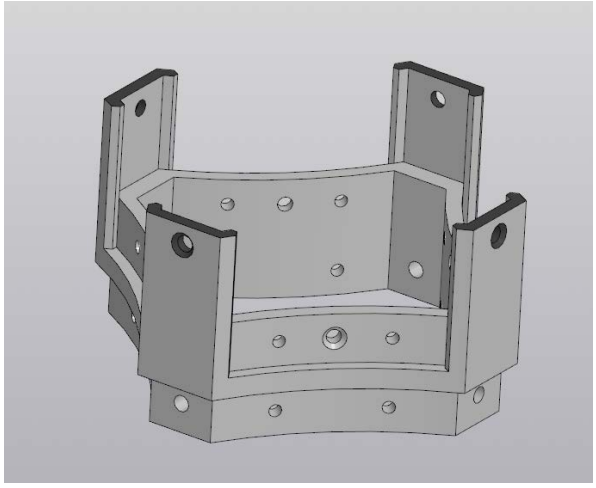


Рис. 2. Упрощенная модель детали «Каркас»

Важно учесть, что изменение геометрии детали не подразумевает полную модификацию, а необходимо лишь для печати на фотополимерном принтере. В условиях изготовления на промышленных установках изменение геометрии не требуется.

Таким образом, упрощение геометрии не привело к утрате значимых геометрических параметров, влияющих на точность измерения и последующий сравнительный анализ.

Сравнительный анализ

В рамках данной работы были изготовлены тестовые образцы (модель, содержащая геометрические элементы: сквозные отверстия, валы, плоские поверхности) с использованием двух наиболее распространенных методов аддитивных технологий, рассмотренных ранее: FDM и LCD.

Для получения результатов сравнительного анализа измерим несколько ключевых геометрических элементов, которые будут влиять на точность дальнейшей сборки и эксплуатации (рис. 3).

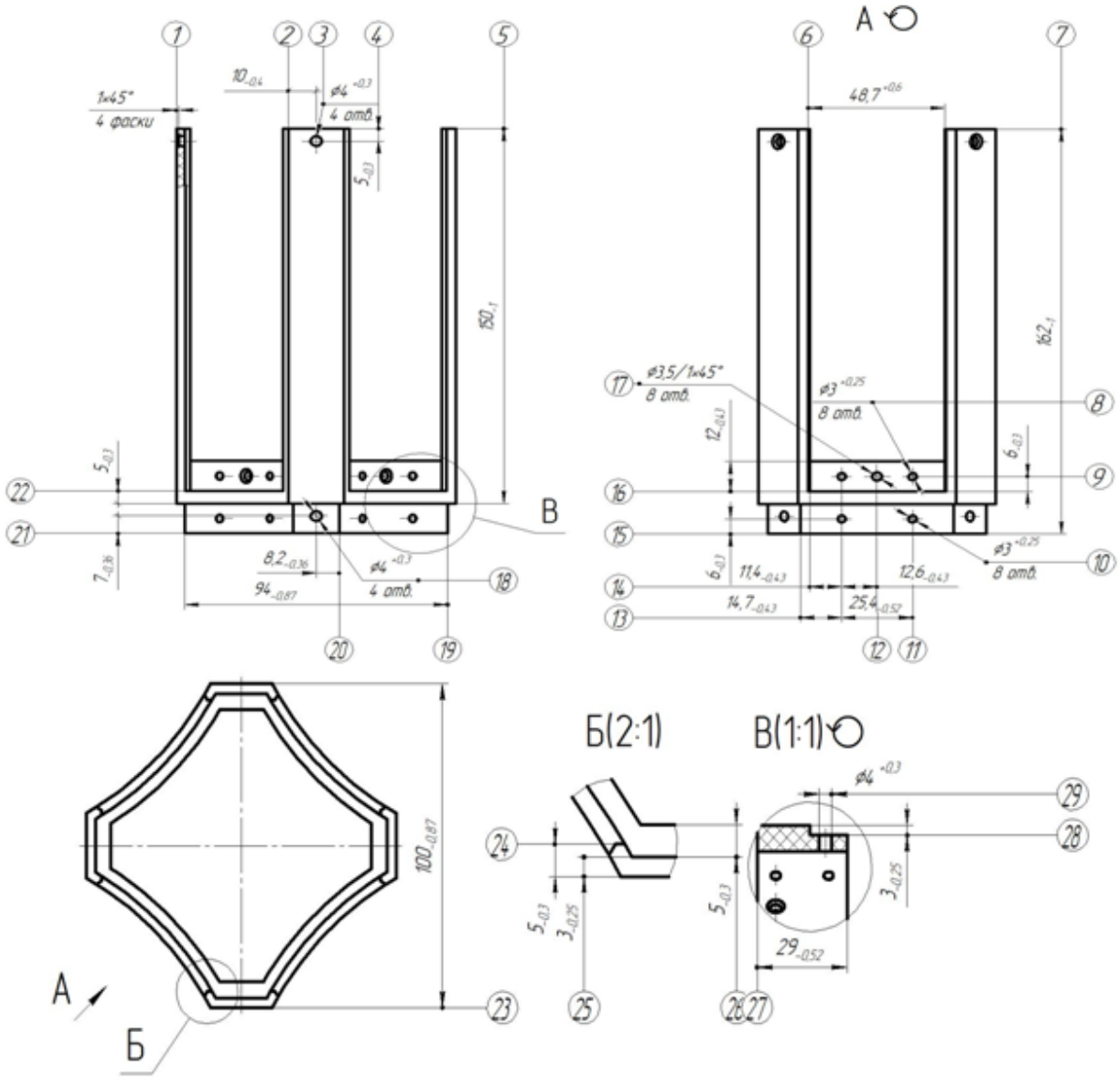


Рис. 3. Контрольная карта

Исходя из данных таблицы, можно сделать следующий вывод: метод LCD обеспечивает более высокую точность и соответствие размерам по сравнению с FDM. Размеры ответственных элементов, таких как отверстия и толщина стенки, наиболее часто соответствуют ЕСКД при печати методом LCD и входят в поле допуска. Некоторые отклонения размеров могут появиться из-за особенностей технологии печати, таких как усадка, механическая вибрация, температурные деформации, материал и настройки печати.

Таблица

Сравнительный анализ

№ п/п	Номер размера	Размер, мм	Размер, мм FDM	Размер, мм LCD
1	3	$\varnothing 4.0^{+0.3}$	$\varnothing 3.9$	$\varnothing 4.0$
2	6	$48.7^{+0.6}$	48.4	48.5
3	8	$\varnothing 3.0^{+0.25}$	$\varnothing 3.0$	$\varnothing 3.0$
4	10	$\varnothing 3.0^{+0.25}$	$\varnothing 2.7$	$\varnothing 3.0$
5	16	$12.0_{-0.43}$	11.9	11.8
6	17	$\varnothing 3.5$	$\varnothing 3.5$	$\varnothing 3.5$
7	18	$\varnothing 4.0^{+0.3}$	$\varnothing 3.9$	$\varnothing 4.0$
8	19	$94.0_{-0.87}$	93.5	93.9
9	22	$5.0_{-0.3}$	5.1	5.0
10	23	$100.0_{-0.87}$	99.8	99.2
11	26	$5.0_{-0.3}$	5,0	5.0
12	27	$29.0_{-0.52}$	28.9	28.9
13	28	$3.0_{-0.25}$	3,0	3.0
14	29	$\varnothing 4.0^{+0.3}$	$\varnothing 4.0$	$\varnothing 4.0$

Также важно учитывать качество поверхности образцов: при печати методом FDM поверхность детали остается шероховатой, в отличие от образца LCD, и требует дополнительной обработки. При необходимости высокой точности сборки данный параметр будет одним из ключевых, например, для деталей, находящихся в подвижных соединениях.

Заключение

В ходе выполнения работы был проведён сравнительный анализ геометрической точности детали «Каркас», изготовленной двумя методами послойного синтеза – FDM и LCD. Выбор данных технологий обусловлен их широкой распространённостью, доступностью и принципиальными различиями в физических принципах формообразования.

Для обеспечения возможности изготовления на имеющемся оборудовании исходная 3D-модель была изменена (уменьшена высота) без потери значимых геометрических параметров, влияющих на точность анализа. Изготовлены тестовые образцы, выполнены измерения 14 контрольных размеров, включая диаметры отверстий, размеры валов, толщину стенок и линейные габариты. Полученные результаты показали, что большинство размеров входят в допуск, соответствующий требованиям ЕСКД.

Анализ измерений показал, что метод LCD в большинстве случаев обеспечивает более точное соответствие номинальным размерам и допускам, установленным конструкторской документацией. Отклонения, зафиксированные для образцов FDM, связаны с физическими особенностями технологии: усадкой материала, механическими вибрациями при движении печатающей головки, температурными деформациями.

Таким образом, для деталей, к которым предъявляются повышенные требования по геометрической точности и качеству поверхности, метод LCD является предпочтительным. В то же время метод FDM остаётся целесообразным при изготовлении крупногабаритных деталей, не требующих высокой точности, или на начальных этапах прототипирования.

Список литературы

1. Константинов В.В., Соколов Ю.А. Оборудование для аддитивного производства // Аддитивные технологии. – 2020. – № 2. – С. 11-17.

2. Рынок технологий 3D-печати в России и мире: перспективы внедрения аддитивных технологий в производство // delprof.ru: Открытая аналитика. 2021. URL: https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rynok-tekhnologiy-3d-pechati-v-rossii-i-mire-perspektivy-vnedreniya-additivnykh-tekhnologiy-v-proizv/ (дата обращения: 02.04.2026).

3. LCD технология // 3dcrafter.ru: Технологии. 2026. URL: https://3dcrafter.ru/lcd/ (дата обращения: 02.04.2026).

Зибницкий М.Р.
студент
Научные руководители: ***Воронецкая В.И.***
преподаватель
Богатырёва Ю.В.
преподаватель,
Новосибирский колледж автосервиса и дорожного хозяйства,
Россия, Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНОГО ПЛАСТИКА ПЕНОПОЛИСТИРОЛА В ЯМОЧНОМ РЕМОНТЕ

Аннотация. В результате работы исследовались возможности добавки в асфальтобетонную смесь пенополистирола, сложность, возникшая в результате работы, растворимость пенополистирола преимущественно в ацетоне, которые выделяет вредные вещества при назревании, без растворения, бля возможности формования образцов и инструментального исследования необходимо измельчение, иначе не происходит равномерного распределения пенополистирола в асфальтобетонное смеси. Работа только в самом начале, по перспективность уже видно после инструментальных исследований, параметр водонасыщение лучше, чем у контрольных образцов, считаем, что материал будет более морозостойким

Ключевые слова: асфальтобетон; пенополистирол, формование, меньшее водонасыщение, морозостойкость.

Введение

Актуальность исследования: наибольшее распространение при изготовлении различных упаковочных материалов получил полипеностирол. Это объясняется наличием у него уникальных свойств, таких как химическая стойкость, инертность, возможность повторного использования, что дает ему высокие конкурентные преимущества по сравнению с другими крупнотоннажными полимерными материалами того же назначения.

Проблема исследования: проблемой исследования можно считать, подбор условий при котором введение в рецепт полистирола будет улучшать свойства асфальтобетона.

Цель исследовательской работы: подобрать условия для безвредного добавления полистирола к асфальтобетонной смеси.

Объект, предмет исследования; Объект исследования асфальтобетон, предмет условия добавления полистирола.

Гипотеза: мы считаем, что 10 % минимум мазута в рецептуре асфальтобетона можно заменить на пластик без ухудшения свой, а возможно и с улучшением свойств.

Методы исследования: литературный обзор, практическое изучение подготовки пластика и приготовления асфальтобетонной массы с добавкой Пенополистирола, апробация рецептуры на территории колледжа. Материалы, которые использовали в лаборатории.

Пенопласт (пенополистирол) обладает как физическими, так и химическими свойствами. Материал на 98 % состоит из воздуха, заключённого в миллиарды микроскопических тонкостенных клеток из вспененного полистирола.

Мазут – жидкий продукт тёмно-коричневого, иногда чёрного цвета, остаток после отгонки из нефти или продуктов её вторичной переработки бензиновых, керосиновых и газойлевых фракций, выкипающих до 350–360°С. Химический состав мазута включает углеводороды (с молекулярной массой от 400 до 1000), нефтяные смолы (с молекулярной массой 500–3000 и более), асфальтены, карбены, карбоиды и органические соединения, содержащие металлы (V, Ni, Fe, Mg, Na, Ca).

Битум – органическое вяжущее вещество, которое обладает как химическими, так и физическими свойствами. Эти свойства определяются соотношением входящих в состав битума групп химических соединений: асфальтенов, смол и масел. Стойкость к действию агрессивных веществ. Битумы хорошо сопротивляются действию щелочей (с концентрацией до 45 %), фосфорной кислоты (до 85 %), а также серной, соляной и уксусной кислот. Менее стойки в атмосфере, содержащей оксиды азота, а также при действии концентрированных растворов кислот.

Ксилол (ксилол) – ароматический углеводород. Проявляет свойства ароматических соединений, благодаря чему, асфальтобетонный гранулят используют в разных сферах для строительства временных и постоянных дорог – особенно актуален для грунтовых дорог, подъездных путей к стройплощадкам, полям, фермам, дачам.

Практическая часть

Так как мазут по химическому составу близок к битуму, но с мазутом легче работать, проще нагреть и растворить что-то в нагретом мазуте, была предпринята попытка растворить пенополистирол в следующем соотношении:

1. 5 % пенопласт + 95 % мазут (100гр-100 %) 10 % пенопласта+90 % мазут (100гр-100 %)

Поскольку в предыдущем опыте получить вяжущее не получилось, было решено подкорректировать состав, увеличив концентрацию пенопласта и уменьшив мазут. Проделав те же самые действия, как и в предыдущем опыте, было получено предположительно пригодное вяжущее для изготовления асфальта,

Принято решение применить другой растворитель для пенополистрола: 30мл ксилол+20гр пенопласта+4 % битума асфальтобетонный гранулят В 3-ем опыте было принято решение попробовать растворить 20гр пенопласта в 30мл ксилола, получив при этом вязкое вещество, напоминающее клей. Далее производился разогрев получившегося продукта на плитке, при этом удалялись пары(запах) ксилола из вещества.

Растворитель, ксилол + пенопласт (10 %, 20 %) + асфальтобетонный гранулят +битум (4 %) ксилол + пенопласт + щебень

Растворив пенопласт в ксилоле, без добавления битума, было получено вяжущее, похожее на клей. В последствии было проведено два опыта с различной концентрацией пенопласта (15,20 %). Вяжущее вещество смешивалось с щебнем мелкой фракции (10). В результате были получены смеси, которые засыпались в форму без запрессовки.

Вывод

На начальном этапе работы по результатам текущего года, получены только первые результаты, растворения полипеностирола, и нельзя признать ни один результат, абсолютно удачным Второй вариант растворение полипенопласта в ксилоле с последующем введение в массу асфальтобетона, показал более удачный вариант, возможно и прессование образца, в планах проведение опытов по определению. средней плотности, и водонасыщения основных характеристик ГОСТ, но ксилол довольно ядовитый растворитель, постараемся найти что-то менее ядовитое и хорошо растворяющее пенополистирол. Если сравнивать результаты плотности и водонасыщения по ГОСТ, то сравнимы с холодным асфальтобетоном, будем проводить дальнейшее изучение составов и способов обработки смесей.

Список литературы

1. Ассоциация производителей и поставщиков пенополистирола. Физические и химические свойства пенополистирола [Электронный ресурс] https://epsrussia.ru/blog/dlya-chego-nuzhen-penopolistirol.php Свободный доступ

2. Вятка стройдеталь, Свойства и характеристики, Пенополистирольный пенопласт [Электронный ресурс] https://www.v-s-d.ru/polystyrene/properties-and-characteristics/ Свободный доступ.

3. ГК Трэйд-Ойл,Физико-химические свойства топочных мазутов [Электронный ресурс]https://www.trader-oil.ru/informatsiya/mazut-info/fiziko-himicheskie-svojstva-topochnyh-mazutov/ Свободный доступ

4. Дзен, Переработка и утилизация отходов пенопласта[Электронный ресурс] https://dzen.ru/a/y5sumnpx4cjzg6hw Свободный доступ.

5. Иванова.indd, ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ БИТУМОВ Учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] https://bukbook.ru/media/files/book/book/Organicheskie_vyazhuschie_veschestva_i_materialyi_na_osnove_bitumov.pdf Свободный доступ.

6. Образовательная социальная сеть. Лекция на тему: Битумы для специальности 08.02.06 Строительство и эксплуатация городских путей сообщения по дисциплине Строительные материалы и изделия [Электронный ресурс]https://nsportal.ru/npo-spo/obrazovanie-i-pedagogika/library/2023/02/15/lektsiya-na-temu-bitumy-dlya-spetsialnosti-08-02 Свободный доступ.

7. Пенопластик. Преимущества пенопласта перед другими видами строительных материалов[Электронный ресурс]https://www.penoplastik-opt.ru/stati/o_penoplaste/ Свободный доступ.

8. Ремгарант, Пенопласт или пенополистирол [Электронный ресурс]https://ts-u.ru/catalog-old/teploizolyaczionnyie-materialyi/minplita/penoplast/ Свободный доступ

9. Строительный эксперт. Переработка и утилизация отходов пенопласта[Электронный ресурс]https://ardexpert.ru/article/28096 Свободный доступ

10. Теплый дом. Свойства пенопласта [Электронный ресурс] https://td55omsk.ru/stati/203-2018-07-30-02-40-56 Свободный доступ

11. Экотекс. УТИЛИЗАЦИЯ МАЗУТА [Электронный ресурс] https://promutil.ru/services/utilizaciya-

12. Экотекс. УТИЛИЗАЦИЯ ПЕНОПЛАСТА [Электронный ресурс] https://promutil.ru/stati/utilizaciya-penoplasta/ Свободный доступ

13. Arslan-Oil, Физические свойства органических и неорганических вяжущих веществ и материалов [Электронный ресурс] https://arslan-oil.ru/products/bitum/svoistvo_bitumov Свободный доступ.

14. Novoplex. Вторичная переработка пенопласта: виды переработки и возможные направления рециклинга[Электронный ресурс] https://novoplex.info/tpost/a2of2yv581-vtorichnaya-pererabotka-penoplasta-vidi Свободный доступ

Гурьянов Л.Д.
студент
Научные руководители: ***Воронецкая В.И.***
преподаватель
Богатырёва Ю.В.
преподаватель,
Новосибирский колледж автосервиса и дорожного хозяйства,
Россия, Новосибирск

СПОСОБЫ ПОДГОТОВКИ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ ПЕРЕД ДОБАВКОЙ В ГРАНУЛЯТ ДЛЯ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НИЖНИХ СЛОЕВ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Аннотация. В ходе работы исследуются разные способы подготовки резиновой крошки, достоинство исследования является то, что без предварительной подготовки можно доба-

вить в смесь только 3 -5 % резиновой крошки, так как она без обработки сохраняет упругость. В результате нашего исследования найдены способы добавить до 10 и даже 20 % резиновой крошки, после проведения частичной девулканизации. Произведено сравнение с контрольным образцом, без резиновой крошки и формование. Сделаны выводы и выведены рекомендации о возможном использовании, кроме ямочного ремонта.

Ключевые слова: асфальтобетон; добавление вторсырья; резиновая крошка; способы девулканизации.

Введение

Актуальность работы заключается в необходимости найти способы применения резиновой крошку и гранулята старого асфальтобетона для ямочного ремонта. Отработка рецептуры позволит решить проблему ямочного ремонта более экономичным способом, уменьшит затраты на битум и горячую асфальтобетонную смесь, так как используется гранулят и резиновая крошка, как основные компоненты.

Предметом исследования стала резиновая крошка, обработанная различными способами, в том числе кизельгуром, ароматическими растворителями, бензином, термическим методом с применением стеариновой кислоты.

Практическая часть

На первом этапе был проведен гранулометрический анализ асфальтобетонного гранулята и резиновой крошки.

На втором этапе для определения марки гранулята асфальтобетона было отобрано методом квартования 1500гр гранулята, и просеяно через набор сит, проведены соответствующие расчеты.

На третьем этапе, после сравнения с ориентировочной таблицей определен тип асфальтобетона, тип Б, рассчитано количество вяжущего, на 500 граммов гранулята 30 г битума. И 100 подготовленной резиновой крошки. На этом этапе приготовили образцы с различными растворителями и размягчителями. гранулят и битум нагрели при температуре 160 градусов в течении 10 минут.

На четвертом этапе, был выведен процесс приготовления образцов в такой последовательности: взвешивали 100 г на технических весах резиновой крошки, после добавляли 30 г битума, до получения вязкой однородной массы и добавляли прогретый асфальтобетонный гранулят, перемешивали без прессования. Были подготовлены образцы с содержанием резиновой крошки на 500 г гранулята 50, 100, 200 граммов, там, где добавка крошки была 200 граммов смесь не склеилась оставалась рассыпчатой. Подбирали растворитель, способствующий лучшему набуханию и размягчению резины, растворители содержащие ароматические вещества в составе. Без окислителя и с окислителем перманганатом калия, резиновая крошка по-разному реагировала на растворители, в ксилоле очень набухла и поглотила растворителя 1:4 по весу. Меньше всего набухание наблюдалось в бензине, но образцы, содержащие таким образом обработанную резиновую крошку при взаимодействии с битумом, проявили дополнительно вязкие свойства, при растирании. Провели девулканизацию резиновой крошки, сделали вывод, что оптимальный вариант добавка резиновой крошки максимально около 20 %, но способ девулканизации термический нужно еще доработать

На пятом этапе проводились испытания на среднюю плотность и водонасыщение.

Вывод: средняя плотность соответствует ГОСТу, водонасыщение в 2,5 раза больше нормы. Выдвинуто предположение, что – это связано с тем, что качество и тип битума не тот, что нам нужен, и малым процентом малых фракций.

Шестой этап заключался в доработке рецептуры. Было установлено, что необходимо менять рецепт смеси, так как в лабораторных условиях образцы с содержанием резиновой крошки в 20 % позволяли имитировать ямочный ремонт, но не прессовались, так как резина оставалась очень упругой. Было изучено влияние мягчителей на резину – согласно литературным источникам, присутствие стеариновой кислоты помогает, как вулканизации, так и девулканизации резины, содержание растворимой части в регенерате и степень его девулканизации в зависимости от условий обработки при термическом способе девулканизации. Термическая обработка резиновой крошки в присутствии 30 % мазута и 5 % стеариновой кислоты лучший вариант, даже при 20 % добавки резиновой крошки к грануляту, образец остаётся

твердым и эластичным одновременно. Полной гомогенности резиновой крошки достичь не удалось, образец достаточно вязкий после обработки в стеариновой кислоте, но как модификатор битума показывает лучший результат.

После этого, на территории колледжа были заделаны небольшие ямы этим составом, после сезона дождей и активной езды автомашин, можно было сделать вывод: состав не выкрошился.

Вторая практическая часть работы началась с изучения кизельгура – материала, обладающего пористой структурой, достигающей до 80 %. Это свойство делает его идеальным натуральным ситом для фильтрации жидкостей. Были изготовлены образцы из смеси следующего состава: кизельгур, резина и гранулят. При подготовке резины использовали соотношение 1:1 кизельгур-резина, после заменяли им битум. Данная смесь имеет специфический экономический эффект, но несет в себе большой экологический потенциал в уменьшение свалок шин и использовании отработки кизельгура, после фильтрования масла. Теме не менее, если масло выжигать, для вторичного использования кизельгура – это несет большие экономические затраты.

Заключение

В заключение данной работы можно подвести итоги, касающиеся применения вторичных полимерных материалов, таких как гранулят асфальтобетона, резиновая крошка и диатомит-кизельгур с резиновой крошкой, в ямочном ремонте асфальтобетонных покрытий. В ходе исследования было выявлено, что правильная подготовка резиновой крошки способствует улучшению вяжущих компонентов и может быть применена как замена битума в смеси.

Список литературы

1. Башкирский химический журнал том 13 № 5 УДК 691. 168: 666. 964. 3В. С. Прокопец, С. Ф. Филатов, Т. Л. Иванова, М. В. Тарасова, Л. В. Поморова, С. Духовный, к. т. н„ профессор, А. В. Сачкова, А. О. Короткова (БГТУ им. В. Г. Шухова), Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга и добавками химических веществ. Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ).
2. ГОСТ Р 70648-2023 – национальный стандарт РФ «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси холодные асфальтобетонные и асфальтобетон. Общие технические условия».
3. Гранулированный теплоизоляционный материал из природного сырья диатомит для строительства дорог в Арктической зоне. [Электронный ресурс] // https://lenta.ru/news/ 2017/ 11/15/tumen/
4. Дорожное строительство. Рекомендации по применению диатомитового наполнителя в составах асфальте и дорожном бетоне, ТУ 20.13.62−001−49554170−2019
5. Использование отходов резины для модификации вяжущего в асфальтобетоне / К. Ю. Вабищевич, Н. П. Коновалов, П. Н. Коновалов, Е. О. Хозеев. // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2020. – № 2. – С. 18–25.
6. Применение гранулированного теплоизоляционного материала «диатомик» в экспериментальной технологии его укладки в дорожные конструкции. [Электронный ресурс] // https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-granulirovannogo-teploizolyatsionnogo-materiala-diatomik-v-eksperimentalnoy-tehnologii-ego-ukladki-v-dorozhnye-1
7. Руденский А. В. Применение резиновой крошки для повышения качества дорожных битумов и асфальтобетонов / А. В. Руденский, А. С. Хромов, В. А. Марьев // Дороги России XXI века. – 2004. – № 5. – С. 62–71.

Раянова К.А.
студент,
raanovakamilla@gmail.com
Научный руководитель: ***Комаров И.А.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ И МОРФОЛОГИИ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ГРАФЕНА ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СУСПЕНЗИЙ ОКСИДА ГРАФЕНА

Аннотация. В настоящей работе изучается влияние добавления органических растворителей в составе водной суспензий оксида графена на смачивание гибких подложек полиэтилентерефталата, а также формирование тонких пленок оксида графена на подложках полиэтилетерефтала из многокомпонентных суспензий методом нанесения центрифугированием. Пленки оксида графена полученные в рамках работы могут быть использованы для создания таких электронных устройств как транзисторы, а также химические и биологические сенсоры.

Ключевые слова: оксид графена, суспензия, угол смачивания, тонкая пленка, центрифугирование.

Введение

В последние десятилетия развитие электроники идет не только в направлении совершенствования характеристик классических транзисторов на основе кристаллических полупроводниковых материалов и гетероструктур, но в и направлении развития органических полупроводниковых материалов, а также в области гибких полупроводников [1, 2], что в свою очередь дает возможность создавать гибкие электронные устройства, а также существенно расширить возможности сенсорики. Одним из наиболее перспективных материалов, сочетающих гибкость и полупроводниковые свойства, а также широкие возможности по иммобилизации хемо- и биочувствительных молекул является восстановленный оксид графена (ВОГ) [3]. За счет регулирования степени восстановления оксида графена возможно в широких пределах управлять характеристиками его проводимости, что соответственно дает возможность создавать в устройства на основе только восстановленного оксида графена.

Для создания устройств на основе восстановленного оксида графена требуется решить две ключевые задачи: формирование возможно более равномерной и тонкой плёнки оксида графена (ОГ) и управляемое восстановление оксида графена. Оксид графена в идеальном случае представляет отдельную графеновую плоскость со связанными с ней кислородсодержащими функциональными группами, что обеспечивает гидрофобность оксида графена и позволяет диспергировать его в воде и некоторых органических растворителях, например толуоле и диметилформамиде. Тем не менее, так как на сегодняшний день вода является наилучшей дисперсионной средой для оксида графена, существует проблема формирования пленок ОГ на полимерных подложках, т.к. такие подложки являются как правило гидрофобными, что существенно ухудшает эффективность формирования пленки. Задачей данной работы являлось исследование возможности улучшения смачивания подложки из полиэтилентерефталата (ПЭТ) за счет введения в водную суспензию дополнительных органических растворителей. При этом были исследованы как характеристики смачивания путем определения угла смачивания методом сидячей капли, так и особенности формирования пленок ОГ на ПЭТ подложках методом нанесения центрифугированием.

Материалы и методы

Исходным материалом том для приготовления многокомпонентных суспензий являлась водная суспензия ОГ с концентрацией 3,11 мг/мл, синтезированная по модифицированному методу Хаммерса (ООО «МИП Графен», Россия).

Исходя из литературных данных одним из условий для успешного диспергирования оксида графена является близость параметра Гильдебрандта (δT) для оксида графена (25,4

МПа$^{1/2}$) [7] и для дисперсионной среды. В работах [4 – 7] показано, что наиболее подходящими дисперсионными средами для оксида графена являются диметилформамид, н-метилпирролидон, тетрагидрофуран и этиленгликоль. В работе была исследована возможность использования н-метилпирролидона (нМП, δT = 23 МПа$^{1/2}$, ECOS-1, Россия), диметилацетамид (ДМА, δT = 22,50 МПа$^{1/2}$, ECOS-1, Россия) [9], а также коммерчески доступный разбавитель для эмалевых красок (ЭР), производства фирмы Tamiya (Япония), (основной компонент – этиленгликоль (δT = 33 МПа$^{1/2}$) с дополнительными компонентами) и аналогичный разбавитель с входящим в его состав замедлителем высыхания – ретардером (ЭРр).

Указанные компоненты смешивались в соотношениях 1:9, 2:8, 3:7, 4:6 и 5:5, что соответствовало концентрациям ОГ: 0,31 мг/мл, 0,62 мг/мл, 0,93 мг/мл, 1,24 мг/мл, 1,56 мг/мл и 1,87 мг/мл.

В качестве подложек для нанесения суспензии ОГ использовалась ПЭТ-пленка толщиной 125 мкм. Для исследования угла смачивания были использованы подложки размером 5 × 5 мм, для формирования пленок ОГ использовались подложки размером 15 × 15 мм. Все подложки подвергались предварительной химико-механической очистке с помощью 2-пропанола.

Угол смачивания определялся с помощью самодельной установки на основе микроскопа UM-301, оснащённого цифровой камерой с механическим нанесением капель объёмом 0,4 мкл. Время высыхания оценивалось с помощью ПО цифровой камеры и отсчитывалось с момента отделения капли от наконечника механической пипетки до визуального исчезновения капли.

Формирование пленок ОГ проводилось с использованием установки нанесения центрифугированием EZ4 (LEBO Science, КНР), при 1000 об/мин в течение 30 секунд. Сформированные пленки подвергались сушке в низковакуумной камере VAC-24 (Stegler, КНР) при 110 °C в течение 30 минут.

Оптическая микроскопия выполнялась на инвертированном оптическом микроскопе A14.0205-PMC (OPTO-EDU, КНР). Толщина пленки ОГ определялась на атомно-силовом микроскопе NTEGRA PRIMA SPM (NT-MDT, Российская Федерация) в полуконтактном режиме с помощью кантилеверов типа NSG 30 с резонансной частотой 320 кГц, и силовой константой 40 Н/м (Tipsnano OÜ, Эстония).

Спектры комбинационного рассеяния получены спектрометре inVia spectra (Renishaw, Великобритания).

Результаты и обсуждение

Исходя из результатов измерения угла смачивания (рис. 1) наблюдается тенденция уменьшения гидрофильности суспензии с ростом концентрации ОГ. Увеличение угла смачивания предположительно связано с особенностями поверхностного натяжения жидкости, содержащей наночастицы, вблизи тройной линии, которое изменяется из-за когезионного и адгезионного взаимодействия между молекулами воды и наночастицами на межфазных поверхностях. В итоге это приводит к увеличению угла смачивания с ростом концентрации наночастиц (в случае данной работы – отдельных слоев оксида графена и/или их агломератов), достигая максимума при максимальной концентрации ОГ.

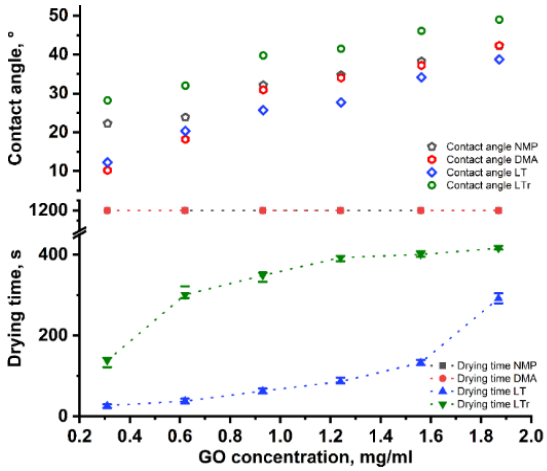


Рис. 1. Зависимость угла смачивания и времени высыхания от соотношения компонентов суспензии оксида графена

Следует также отметить, что эффект увеличения угла смачивания может объясняться в том числе уменьшением размера частиц в суспензии аналогично работе [8, 9]. В настоящей работе этот эффект наблюдается в случае н-МП и ДМА, для которых средние значения угла смачивания при высоких концентрациях на 3–6° больше, чем при использовании ЭР. Предполагается, что при добавлении н-МП и ДМА достигается лучшая диспергируемость и меньший размер частиц ОГ, что косвенно подтверждается большей стабильностью этих суспензий при длительном хранении.

Значения времени высыхания капель (рис. 1) показывают, что при использовании н-МП и ДМА в качестве дополнительных компонентов суспензии обладают значительным временем высыхания – более 20 мин, тогда как в случае с эмалевыми растворителями, время высыхания не превышает 7 мин. Исходя из этих данных можно сделать предположение, что за характерное время процесса нанесения как методом центрифугирования, так и аэрозольным методом (от единиц до нескольких десятков секунд) при использовании эмалевых растворителей часть пленки успеет высохнуть, тогда как в случает ДМА и н-МП этого гарантированно не произвойдет.

Стабильность дисперсий изучалась визуально по наличию крупных агломератов ОГ. При использовании н-МП и ДМА образование агломератов не наблюдалось более 60 дней. В случае ЭР агломераты появляются через 40–45 дней, а при ЭРр агломерация происходит в течение нескольких часов, что связано с наличием ретардера в составе дополнительного компонента. Данный результат косвенно подтверждает корректность выбора оптимальной дисперсионной среды на основе параметра Гильдебранда.

Таким образом, показана возможность уменьшения угла смачивания за счет добавления органических компонентов в исходную водную суспензию ОГ. Также исходя из полученных значений угла смачивания и характерного времени высыхания многокомпонентных суспензий предполагается, что использование эмалевого растворителя в качестве дополнительного компонента наиболее перспективно в случае формирования пленок ОГ методом центрифугирования.

На основе полученных суспензий были сформированы пленки ОГ на ПЭТ подложках размерами 15×15 мм методом центрифугирования. Полученные пленки были исследованы методами оптической и атомно-силовой микроскопии, спектроскопии комбинационного рассеяния. Сплошность покрытия в случае макроразмерных плёнок определялась визуально.

Равномерность нанесения пленок ОГ из многокомпонентных суспензий методом центрифугирования определялась визуально по фотографиям в т.ч. в оптический микроскоп. В результате определено, что при концентрации ОГ 0,31–0,62 мг/мл на поверхности подложек наблюдается отдельные частицы оксида графена различной толщины с характерной для плёнок ОГ складчатой поверхностью. Таким образом, при данных концентрациях ОГ не достигается формирование сплошной плёнки на подложке (рис. 2).

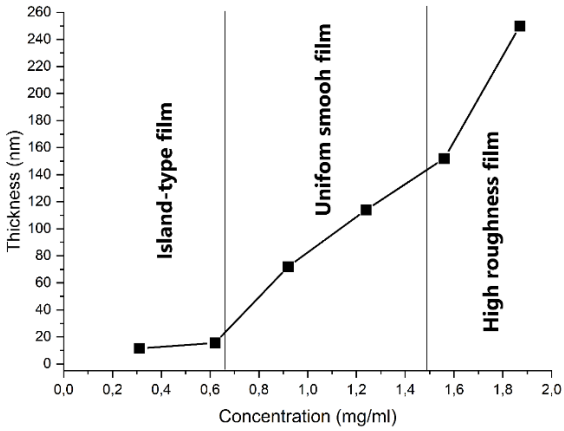


Рис. 2. Зависимость толщины пленок на поверхности ПЭТ подложки от концентрации ОГ в многокомпонентных суспензия

Увеличение концентрации до 0,93–1,24 мг/мл уже обеспечивает формирование сплошных пленок, покрывающих всю поверхность подложки. Дальнейшее увеличение концентрации ведет к формированию толстых пленок с выраженным рельефом, что нежелательно для задач формирования устройств электроники или сенсорной техники. Общий вид зависимости толщины пленки ОГ от концентрации имеет близкий к линейному вид в области концентраций более ~ 0,7 мг/мл, тогда как при более низких концентрациях зависимость хотя и остается линейной, имеет больший наклон. Такой вид зависимости свидетельствует, что при концентрациях порядка 0,7–0,8 мг/мл происходит переход от островковой к сплошной пленке, что в целом соответствует эффектам, наблюдаемым в других публикациях [10, 11].

На рисунке 3 представлены фотографии пленок ОГ, нанесенных из многокомпонентных суспензий с дополнительным компонентом ЭР. Царапины на поверхности подложек были получены за счет проведения по пленке торцом аналогичной ПЭТ пленки до начала низковакуумной сушки пленок.

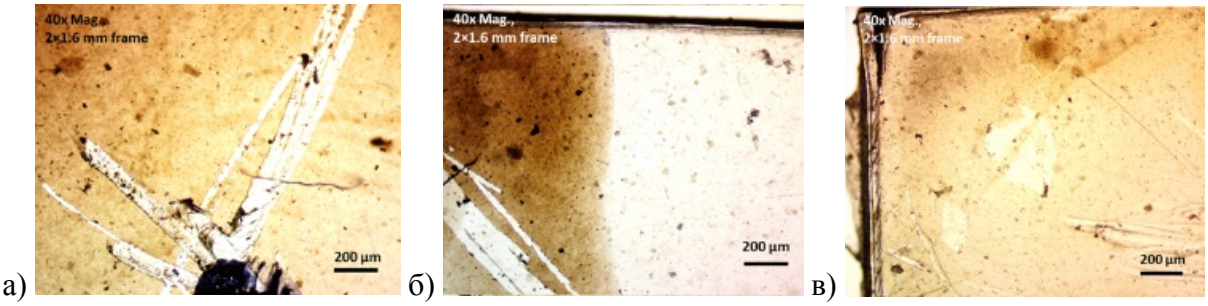


Рис. 3. Оптические изображения пленок ОГ из многокомпонентных дисперсий, нанесенных методом spin-coating на ПЭТ-подложки:
а – 3:7 в ЭР; б – 4:6 в ЭР; в – 5:5 в ЭР

Толщина пленок определялась с помощью атомно-силовой микроскопии также в области царапины по толщине полученной ступеньки между пленкой и подложкой. Примеры АСМ-изображений полученных пленок представлены на рисунке 4.

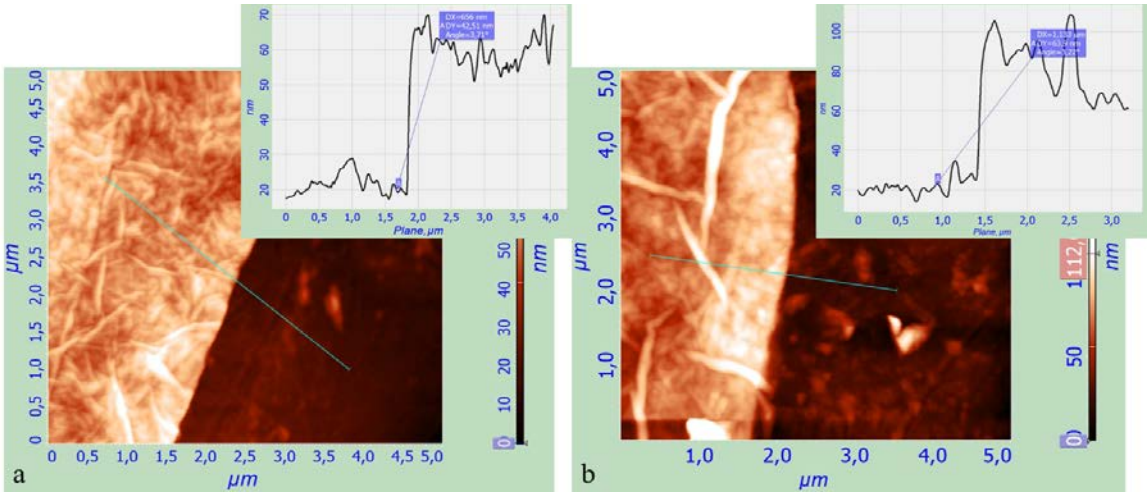


Рис. 4. АСМ-топография и сечение (вставки) пленок ОГ, сформированных из суспензий ОГ: ЭР 3:7 (толщина 42,51 нм) и 4:6 (толщина 63,90 нм)

Данные спектроскопии комбинационного рассеяния для пленок также подтверждают формирование пленок оксида графена с характерными D- и G-пиками на 1350 см$^{-1}$ и ~ 1600 см$^{-1}$ соответственно (рис. 5). Также наблюдается характерный широкий пик в области 2700–3200 см$^{-1}$, являющийся суперпозицией нескольких пиков G^{+}, 2D, D+G, 2G [13, 14]. Данные спектроскопии комбинационного рассеяния также косвенно свидетельствуют о малой толщине полученных пленок, т.к. G-пик (1600 см$^{-1}$) для части пленок имеет узкую вершину, ха-

рактерную для спектра ПЭТ. Кроме того, пик на ~ 1730 см$^{-1}$ также относится к ПЭТ подложке и характерен для карбонильной группы.

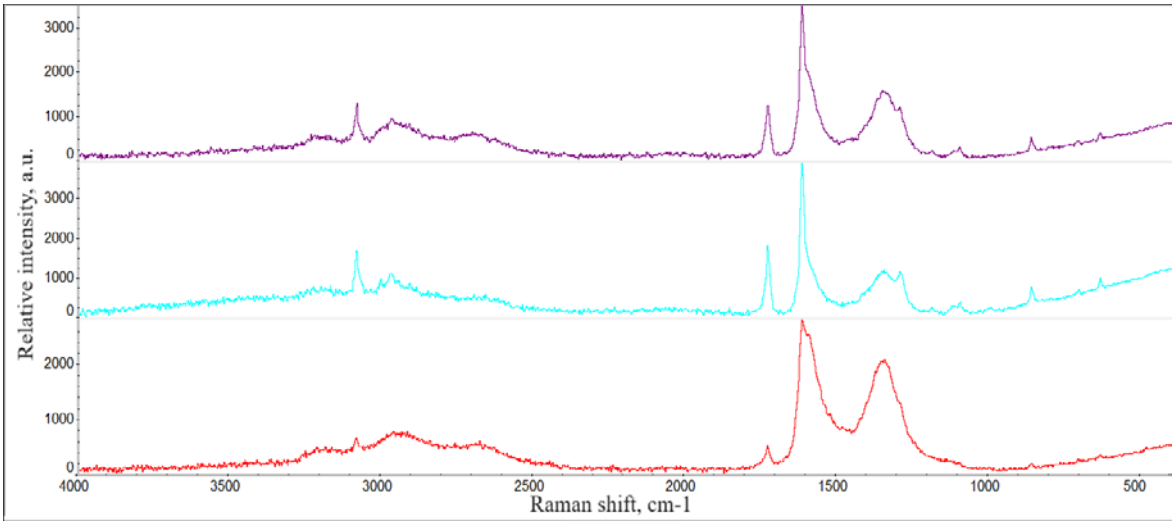


Рис. 5. Спектры комбинационного рассеяния пленок ОГ, нанесенных из многокомпонентных суспензий

Таким образом в работе показана возможность управления характеристиками смачивания ПЭТ подложек за счет варьирования состава суспензии путем добавления органических растворителей с параметром Гильдебрандта близким или превышающим таковой для оксида графена.

Продемонстрирована возможность формирования пленок оксида графена методом центрифугирования из многокомпонентных суспензий ОГ. Показано, что до концентрации ОГ ~ 0,7–0,8 мг/мл происходит формирование островковых пленок, тогда как начиная с концентрации ~ 1 мг/мл формируемая пленка становится сплошной. При концентрациях более 1,5 мг/мл получены пленки ОГ с существенным рельефом. Для задач электроники и сенсорной техники оптимальным следует считать пленки, сформированные из суспензий с концентрациями 1–1,5 мг/мл.

Список литературы

1. Li L., Han L., Hu H., Zhang R. A review on polymers and their composites for flexible electronics // Materials Advances. 2023. № 4. С.726-746.
2. Buga C.S., Viana J.C. A Review on Materials and Technologies for Organic Large-Area Electronics // Advanced Materials Technologies. 2021. № 6. С. 2001016.
3. Kumar S., Dmitrieva V.A., Meng G. et al. Structured Graphene Oxide/Reduced Graphene Oxide Interfaces for Improved NO2 Sensing // ACS Appl. Nano Mater. 2023. № 6, С. 14083–14093
4. Paredes J.I., Villar-Rodil S., Martinez-Alonso A., Tascon J.M.D. Graphene Oxide Dispersions in Organic Solvents // Langmuir. 2008. № 24. С. 10560-10564.
5. Khan M., Shakoor A., Khan G., Zia S.A. A Study of Stable Graphene Oxide Dispersions in Various Solvents // Journal of The Chemical Society of Pakistan. 2015. № 37. С. 62-67.
6. Bei-Bei F., Zhao-Hui W., Wen-Hua S., et al. Performance of graphene dispersion by using mixed surfactants // Materials Research Express. 2020. № 7. С. 095009.
7. Konios D., Minas M. Stylianakis M. M., Stratakis E., Kymakis. Dispersion behaviour of graphene oxide and reduced graphene oxide // Journal of Colloid and Interface Science. 2014. № 430. С. 108–112.
8. Vafaei S., Borca-Tasciuc T., Podowski M.Z. et al. Effect of nanoparticles on sessile droplet contact angle // Nanotechnology. 2006. № 17. С. 2523–2527.
9. Chinnam J., Das D., Vajjha R., Satti J. (2015) Measurements of the contact angle of nanofluids and development of a new correlation // International Communications in Heat and Mass Transfer. 2015. № 62. С. 1–12.
10. Kim J., Park S., Choi M. et al. Simply Controlling the Surface Structure of Graphene Oxide Films Using Multiple Drop-Casting // Diamond Relat. Mater. 2023. № 139. С. 110327.

11. Zhang J., Hu P., Zhang R. et al. Soft-Lithographic Processed Soluble Micropatterns of Reduced Graphene Oxide for Wafer-Scale Thin Film Transistors and Gas Sensors // J. Mater. Chem. 2012. № 22. С. 714–718.

12. Díez-Betriu X., Álvarez-García S., Botas C. et al. Raman spectroscopy for the study of reduction mechanisms and optimization of conductivity in graphene oxide thin films // J. Mater. Chem. C. 2013. № 1. С. 6905-6912

13. Kanishka H.K., Pamarti V., Kesava V.R. et al. New Insight into the characterization of graphene oxide and reduced graphene oxide monolayer flakes on Sibased substrates by optical microscopy and Raman spectroscopy // J. Phys. Chem. C. 2021. № 125., С. 7791–7798.

14. Yadava S., Padhib S.K., Srinivasuluc C., Naidu K.L. Raman spectroscopy study on the vibration and structural changes of graphene oxide: effect of laser power and time. J. Ovonic Res. 2024. № 20. С. 221–232.

Карташов В.
студент
Научный руководитель: ***Елисеева Н.В.***
к.т.н., доцент,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва
v.kavlad@ya.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЭРГОНОМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ ОПЕРАТОРСКИХ ПАНЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. Рассматривается задача автоматизации компоновки операторских панелей управления с гарантированным соответствием эргономическим стандартам. Предложена гибридная архитектура, основанная на правилах. Правила формируются на основе стандартов по адаптированной методике RASE, используются для автоматического вывода свойств элементов и поиска размещения, соответствующего всем правилам одновременно.

Ключевые слова: эргономическая компоновка; операторская панель; база знаний; задача удовлетворения ограничений; CSP; эргономические стандарты; RASE.

Актуальность

Компоновка операторских панелей управления – многокритериальная инженерная задача, требующая одновременного учёта десятков требований стандартов, эргономических ограничений и функциональных связей между элементами. Традиционно она решается вручную, что сопряжено с риском пропуска отдельных требований: рабочая память человека не приспособлена к одновременному удержанию десятков разнородных ограничений. Последствия плохой компоновки документированы на примерах промышленных аварий – на АЭС «Три-Майл-Айленд» (1979), где хаотичная компоновка с 14 различными значениями красного цвета не позволила операторам распознать аварию [12], и при разливе нефти на реке Каламазу (2010), где удалённость оператора от ключевых органов управления привела к 17-часовой задержке реагирования.

Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2015, качество – это «степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям» [4]. Для рассматриваемой задачи такими требованиями являются положения действующих эргономических стандартов, поэтому качество компоновки объективно измеряется количеством соблюдённых правил из формализованного набора. Аналогичный подход закреплён Ф. Кросби формулировкой «качество – это соответствие требованиям» [6].

Практическая значимость решения

Практическая значимость работы заключается в создании программного инструмента, позволяющего инженеру-проектировщику автоматически формировать компоновку опера-

торской панели с гарантией соответствия действующим эргономическим стандартам. Инструмент устраняет зависимость результата проектирования от субъективного опыта конкретного специалиста и снижает риск ошибок, способных привести к снижению эффективности работы оператора или к аварийным ситуациям. Результаты работы применимы при проектировании панелей в энергетике, нефтегазовой промышленности, на станках с ЧПУ и в других областях промышленной автоматизации.

Анализ существующих методов автоматизации компоновки

Задача автоматизации компоновки панелей управления исследуется в академической литературе с 1960-х годов. Можно выделить три основных подхода, каждый из которых при решении рассматриваемой задачи обладает принципиальным недостатком.

Метод линейного программирования (Holman, 2003) [8] формализует компоновку как задачу математической оптимизации с целевой функцией – минимизацией суммарного расстояния перемещения руки оператора – и линейными ограничениями на границы панели. Недостаток: линейные ограничения не способны выразить дискретные требования стандартов – правила цветового кодирования, функциональную группировку, зонирование.

Метод удовлетворения ограничений (Jung, 1995) [11] представляет компоновку как задачу CSP (Constraint Satisfaction Problem), что позволяет задавать произвольные, в том числе нелинейные ограничения. Недостаток: CSP-решатель работает с формально заданными ограничениями, но сам не содержит механизма их получения из стандартов – формализация остаётся ручной работой эксперта, подверженной ошибкам.

Экспертные системы на основе баз знаний (KB) [5] позволяют формализовать требования стандартов в виде правил вывода «ЕСЛИ условие, ТО следствие». Недостаток: база знаний определяет, какой цвет и в какой зоне должен быть у элемента, но не решает задачу пространственного размещения – не определяет конкретные координаты элементов на панели.

Таким образом ни один из перечисленных методов в отдельности не решает задачу полностью. В работе предлагается гибридный подход «база знаний + CSP-решатель», объединяющий сильные стороны экспертных систем (автоматический вывод свойств из правил с прослеживаемостью до стандарта) и методов удовлетворения ограничений (одновременное соблюдение произвольных ограничений при поиске размещения).

Используемые стандарты

Предлагаемый подход основан на формализации требований пяти эргономических стандартов: ISO 11064-4:2013 [10] – эргономическое проектирование диспетчерских: расположение и габариты рабочих станций, антропометрические диапазоны, поля зрения; IEC 60073:2002 [9] – цветовое кодирование и режимы индикации органов управления и индикаторов; ГОСТ 12.4.026-2015 [1] – сигнальные цвета, знаки безопасности, требования к контрастности; ГОСТ 23000-78 [3] – общие эргономические требования к пультам управления: нумерованные зоны размещения, минимальные расстояния, правила группировки; ГОСТ 22269-76 [2] – взаимное расположение элементов рабочего места оператора: принципы приоритетного размещения, последовательной группировки, единообразия.

Разработка базы знаний: формализация правил компоновки

Для работы системы создана база знаний, содержащая иерархию классов элементов панели и 38 формализованных правил, извлечённых из пяти указанных стандартов. Распределение правил по типам приведено в таблице.

Таблица

Распределение формализованных правил

Тип правила	***Количество***	***Источник***
Цветовое кодирование	8	IEC 60073, ГОСТ 12.4.026
Назначение зон размещения	8	ГОСТ 23000-78, ISO 11064-4
Расстояния и габариты	6	ГОСТ 23000-78, ISO 11064-4
Группировка, приоритет, индикация, углы, маркировка	16	ГОСТ 23000-78, ГОСТ 22269-76, IEC 60073
Всего	38	5 стандартов

Каждое правило формализуется по адаптированной методике RASE [7]. Данная методика изначально разработана в области информационного моделирования зданий (BIM) для автоматизированной проверки соответствия проектов строительным нормам и в настоящей работе переносится на задачу формализации эргономических стандартов. Такой перенос обоснован структурной изоморфностью задач: и в строительных, и в эргономических стандартах требования формулируются на естественном языке с модальными глаголами долженствования, и в обоих случаях задача состоит в трансформации текста в исполняемые правила с прослеживаемостью до пункта-источника. Согласно методике RASE, каждое положение стандарта декомпозируется на четыре семантических оператора: A (Applicability) – условие применимости, S (Selection) – выбираемый объект, R (Requirement) – требуемое свойство, E (Exception) – исключения.

Пример формализации. Исходное положение стандарта IEC 60073, п. 5.2.1: «Органы управления, предназначенные для аварийной остановки, должны быть окрашены в красный цвет».

RASE-декомпозиция: A – функция = аварийная остановка; S – органы управления (кнопки, переключатели); R – цвет = красный; E – отсутствуют.

Python-реализация:

```
def rule_emergency_color(element):
 if element.function == Function.EMERGENCY_STOP:
 element.color = Color.RED
 element.standards_applied.append(
 ("IEC 60073", "п. 5.2.1"))
```

Разработка системы компоновки операторских панелей

От пользователя система принимает параметры панели (ширину, высоту, положение оператора) и перечень элементов с указанием типа, функции, подсистемы и габаритов каждого элемента. Состав входных данных соответствует ведомости приборов и средств автоматизации по ГОСТ 21.408-2013, что позволяет повторно использовать данные технического задания без преобразования. От пользователя не требуется принимать никаких проектных решений относительно цвета, приоритета или размещения.

Обработка разбита на два последовательных этапа. Сначала подсистема логического вывода базы знаний применяет к каждому элементу все 38 правил в порядке: цветовое кодирование → приоритет → зонирование → группировка → минимальные расстояния.

Каждое применённое правило фиксируется в атрибуте элемента с указанием стандарта-источника. Затем сформированные ограничения передаются CSP-решателю: переменные – позиции элементов на сетке панели с шагом 50 мм; домены – допустимые ячейки, определяемые зоной размещения элемента; ограничения – четыре типа (неперекрытие прямоугольников, минимальные расстояния, принадлежность одной группе, зонирование индикаторов выше органов управления). Решатель реализует алгоритм поиска с возвратом (backtracking), дополненный опережающей проверкой (forward checking) – первыми размещаются элементы с наименьшим числом допустимых позиций.

Система формирует два вида результата. Первый – графическое представление компоновки: схема панели с прямоугольниками элементов, окрашенными по сигнальным цветам, с рамками групп подсистем и обозначением зон. Второй – отчёт по соответствию стандартам: для каждого элемента перечислены применённые правила с указанием стандарта и номера пункта. Это обеспечивает прослеживаемость каждого проектного решения до нормативного документа. Принципиально важно, что, если не найти размещение, удовлетворяющее всем 38 правилам одновременно, что невозможно, система не выдаёт частично корректного результата, а сообщает о конфликте требований с указанием несовместимых ограничений.

Заключение

Таким образом, в результате работы получена программная система автоматизированной компоновки операторских панелей управления, обеспечивающая гарантированное соответствие результата проектирования требованиям пяти эргономических стандартов (ISO 11064-4, IEC 60073, ГОСТ 12.4.026-2015, ГОСТ 23000-78, ГОСТ 22269-76). Система реализует гибридный подход: база знаний с 38 правилами, формализованными по методике RASE, автоматически выводит свойства элементов с прослеживаемостью до пункта стандарта, а CSP-решатель

находит размещение, одновременно удовлетворяющее всем правилам. Обоснован переход от субъективного критерия качества к объективному критерию соответствия требованиям в смысле ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Дальнейшее развитие работы связано с экспериментальным тестированием системы на типовых сценариях компоновки в энергетике и расширением базы знаний за счёт правил функциональной безопасности (IEC 61508, IEC 61511).

Список литературы

1. ГОСТ 12.4.026-2015. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. М.: Стандартинформ, 2015. 80 с.
2. ГОСТ 22269-76. Система «человек–машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. М.: Издательство стандартов, 1976. 6 с.
3. ГОСТ 23000-78. Система «человек–машина». Пульты управления. Общие эргономические требования. М.: Издательство стандартов, 1978. 18 с.
4. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Стандартинформ, 2015. 51 с.
5. Золкин А.Л., Ахмадуллин Ф.Р. Семантические системы и схемы. Проектирование онтологий для экспертных систем: учеб. пособие. Самара: ПГУТИ, 2023. 156 с.
6. Crosby P.B. Quality Is Free: The Art of Making Quality Certain. New York: McGraw-Hill, 1979. 309 p.
7. Hjelseth E., Nisbet N. Capturing normative constraints by use of the semantic mark-up RASE methodology // Proceedings of CIB W78-W102 Conference. Sophia Antipolis, 2011. P. 1–10.
8. Holman G.T. Using Linear Programming to Optimize Control Panel Design from an Ergonomics Perspective // Proceedings of the IIE Annual Conference. 2003. P. 1–6.
9. IEC 60073:2002. Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicators and actuators. Geneva: IEC, 2002. 30 p.
10. ISO 11064-4:2013. Ergonomic design of control centres – Part 4: Layout and dimensions of workstations. Geneva: ISO, 2013. 32 p.
11. Jung E.S., Park S., Chang K.S. A CSP technique-based interactive control panel layout // Ergonomics. 1995. Vol. 38, № 9. P. 1884–1893.
12. Kemeny J.G. Report of The President's Commission on the Accident at Three Mile Island. Washington: U.S. Government Printing Office, 1979. 201 p.

Секция
ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ, БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ

Беляева Е.С.
студент,
liza.s.belyaeva@gmail.com
Научный руководитель: ***Гречухин А.В.***
к.т.н., доцент,
Самарский государственный технический университет,
Россия, Самара

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИКАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЛАКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАСС ОТ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Аннотация. Эксплуатация изделий из пластмасс вне помещений ведет к их быстрому старению под действием атмосферных факторов, в частности ультрафиолетового излучения (УФ-излучения), что снижает прочность и требует их частой замены. Для минимизации экономических потерь и сохранения декоративных свойств материала предлагается технология модификации органических лаковых покрытий для защиты изделий из пластмасс от ультрафиолетовых воздействий, обеспечивающих долговечность полимеров в условиях атмосферных воздействий. Разработка технологии модификации органических лаковых покрытий путем повышения их УФ-стойкости решает актуальную проблему деградации пластмассовых изделий под воздействием ультрафиолетового излучения.

Ключевые слова: защитные покрытия, пластмасса, фотодеструкция, светостабилизаторы.

Главной проблемой при эксплуатации пластмасс вне помещений является воздействие солнечного света (в основном ультрафиолетовой области спектра), кислорода, влаги и различных воздушных загрязнений. Это ухудшает не только внешний вид, но и механические свойства пластиков, при этом скорость разрушения возрастает с ростом интенсивности и времени воздействия перечисленных факторов. Поглощение УФ-излучения приводит к разрушению полимерной цепи и потере прочности в ряде точек структуры. Фотодеструкции подвержены и сами полимерные материалы, и пигменты, входящие в состав композиции.

Для решения данной проблемы была выполнена серия опытов по разработке модифицированных лаковых составов.

В ходе анализа существующих органических покрытий для защиты пластмасс было проведено сравнение лаков и полимерных пленок [1]. Выбор в пользу лаковых покрытий обусловлен их способностью формировать монолитный защитный слой с высокой адгезией к основе, а также возможностью точного регулирования толщины покрытия [2].

В качестве базового состава для проведения дальнейших испытаний был выбран акриловый лак, который обладает высокой скоростью отверждения, устойчивостью к УФ-деградации, химической инертностью и стабильностью свойств при воздействии влаги.

Для защиты пластмасс от УФ-воздействия рассмотрены три типа добавок: УФ-абсорберы, квенчеры, акцепторы радикалов. В качестве светостабилизирующей добавки выбраны УФ-абсорберы, так как они обладают высокой эффективностью защиты материала, а также совместимы с различными типами полимеров [3,4].

Для проведения исследований защитных покрытий были подготовлены образцы декоративного HPL в формате А4 (таблица 1). Поверхность листов очистили спиртом и разделили на 10 равных по размеру участков, расположенных в два ряда по пять образцов. Первый участок оставили без покрытия как контрольный образец. Начальные характеристики измерили калориметром, результаты зафиксировали в протоколе как базовые значения для дальнейших испытаний.

Таблица 1

Рецептура лаковых составов

№ образца	Лак	УФ-стабилизатор	Антиоксидант
1	0	0	0
2	100	0	0
3	99,5	0	0,5
4	98,5	UV-400 – 1 %	0,5
5	98,5	UV-770 – 1 %	0,5
6	98,5	UV-292 – 1 %	0,5
7	96,5	Диоксид Ti – 2 %	0,5
8	98,5	UV-400 – 1,5 % UV-292 – 1,5 %	0,5
9	96,5	UV-400 – 0,5 % UV-292 – 0,5 % Диоксид Ti – 2 %	0,5
10	96,5	UV-770 – 1 % Нанооксид Zn – 2 %	0,5

На очищенную поверхность HPL-листа нанесли защитные составы, далее образцы высушили при комнатной температуре, после чего полностью высохшие образцы поместили в камеру ускоренного старения Helios Italquartz S.r.l. INVE '96 (рис.).

Рис. Внешний вид камеры ускоренного старения Helios Italquartz S.r.l. INVE '96

Камера ускоренного старения имитирует УФ-воздействие со следующим пересчётом: 72 часа – 1 год естественного старения;18 часов – 3 месяца естественного старения.

После выдержки образцов в камере старения (18ч и 72ч) проведены повторные измерения характеристик калориметром (таблица 2). Все испытания проводились в соответствии с ГОСТ 9.708-83 в условиях СамГТУ [5].

Таблица 2

Результаты испытаний

№ образца	ΔE			
	18 часов	**36 часов**	**54 часа**	**72 часа**
1	2,28	4,07	5,34	6,12
2	1,79	2,55	3,14	3,87
3	1,45	2,32	2,95	3,28
4	0,13	0,24	0,44	0,53
5	0,65	1,12	1,41	1,92
6	0,86	1,38	1,84	2,16
7	0,79	1,54	1,97	2,65
8	0,77	1,36	1,95	2,43
9	0,55	0,89	1,33	1,74
10	2,06	2,19	2,27	2,35

Шкала оценки цветовых различий Δ E:

Δ E ≤ 1.0: На качественных мониторах или фотографиях разница цвета практически неуловима.

Δ E ≈ 2.0: Порог, при котором обычный человек может заметить разницу, если два образца приложены друг к другу.

Δ E ≈ 3.5 – 5.0: Разница видна сразу, даже если образцы находятся на расстоянии. Это считается «другим оттенком» того же цвета.

Δ E > 10.0: Цвета воспринимаются как принципиально разные.

По результатам испытаний составы № 4 и № 9 показали лучшие результаты по истечению 72 часов (эквивалент года УФ-воздействия) Согласно шкале цветовых различий, значение Δ E в пределах 0,13-0,53 (состав № 4) и 0,55-1,74 (состав № 9), что свидетельствует о сохранении визуальной целостности покрытия после воздействия УФ-излучения.

В результате проведенных работ сделаны следующие выводы: применение метода ускоренного старения подтвердило возможность сокращения затрат на эксплуатацию и преждевременную замену изделий из пластмасс за счет повышения их устойчивости к УФ-воздействию; разработанные модифицированные органические лаковые покрытия для защиты изделий из пластмасс от ультрафиолетовых воздействий обладают высокой эффективностью в экранировании УФ-излучения, что позволяет предотвратить деструкцию полимерных цепей и сохранить физико-механические свойства пластмасс.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (тема № 125040404855-0).

Список литературы

1. Защитные покрытия: учеб. пособие / М.Л. Лобанов, Н.И. Кардонина, Н.Г. Россина, А.С. Юровских. Екатеринбург, 2014. 200 с.

2. Лакокрасочные покрытия для защиты полимерных композиционных материалов / Л.В. Семенова, А.А. Козлова // Труды ВИАМ. 2013. № 4. С. 8–22.

3. Материалы для УФ-отверждаемых покрытий / О.В. Горшкова // Лакокрасочные материалы и их применение. 2007. № 11. С. 11–14.

4. Лаки УФ-отверждения / О.Э. Бабкин // Лакокрасочные материалы и их применение. 2009. № 5. С. 33–35.

5. ГОСТ 9.708-83. Единая система защиты от коррозии и старения. Материалы полимерные. Методы испытаний на старение при воздействии климатических факторов. М., 1983. 4 с.

Сизикова Е.Д.
студент
Научный руководитель: ***Ершова В.А.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва
v.ershova@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ МИКРОБНЫХ БИОТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

Аннотация. На данный момент в связи с ухудшением экологической обстановки во всем мире становится актуальным изучение и использование новых «зеленых» технологий. Одним из перспективных направлений являются почвенные микробные топливные элементы, представляющие собой экологичный, возобновляемый источник энергии длительной работы. Целью настоящего исследования было создание почвенного микробного биотопливного элемента и анализ длительности его работы. В данной работе представлен почвенный микробный биотопливный элемент на основе электродов из карбонизированной ткани. В качестве субстрата выступает техногенная почва, отобранная на территории ИППИ РАН на улице Пятницкой города Москва. Полученные результаты говорят о перспективности использования почвенных микробных биотопливных элементов в качестве источника энергии длительной работы.

Ключевые слова: почвенный микробный биотопливный элемент; тканые материалы; карбонизированные материалы; микробный катализ.

Изменение климата значительно вызвано ростом выбросов парниковых газов, который является последствием роста промышленности и долгим использованием исключительно невозобновляемых энергетических ресурсов. В связи с этим переход к устойчивым энергетическим источникам крайне необходим [2]. Одновременно с этим истощение запасов ископаемого топлива, а также последствия его добычи и потребления усугубляют состояние окружающей среды [5]. Поэтому требуется внедрение альтернативных технологий, способных обеспечить стабильное и экологически чистое энергоснабжение. В последние годы особое внимание уделяется созданию недорогих и экологически чистых источников энергии. Биоэнергия – это вид возобновляемой энергии, получаемой из биологических источников, которая может быть альтернативой природным источником энергии [3]. Её использование может обеспечить стабильное и бесперебойное энергоснабжение. Одни из источников биоэнергии – микробные биотопливные элементы, которые являются популярной и перспективной технологией [4]. Для их работы могут быть использованы различные субстраты. Одной из них является почва – многокомпонентная среда обитания, отличающаяся высокой плотностью, стабильным гидротермическим режимом, ограниченной аэрацией, определенной кислотностью и засоленностью, что создает уникальные условия для жизни множества организмов. В рамках данной работы рассматриваются почвенные микробные биотопливные элементы.

Почвенные микробные биотопливные элементы (почвенные МБТЭ) –устройства, которые используют электроактивные микроорганизмы в почве для преобразования органического вещества в сигнал тока. Принцип их работы заключается в получении электрогенными микроорганизмами электронов путем окисления органических веществ до углекислого газа и переноса электронов на анод, где они проходят через внешнюю цепь к катоду и взаимодействуют с кислородом из воздуха, в результате чего образуется вода. Электроны непрерывно текут от анода к катоду по внешней цепи, таким образом, получается биоэлектричество. МБТЭ обладают такими преимуществами как: простота конструкции и эксплуатации, экологичность процессов и требуемых материалов, а также их дешевизна. Использование почвенных микробных биотопливных элементов позволяет снизить нагрузку на традиционные источники энергоснабжения, а также они представляют собой экологичный, возобновляемый источник энергии длительной работы. Электроды для данных почвенных МБТЭ были изго-

товлены из карбонизированной ткани разной плотности и разного плетения. Вид карбонизированной ткани был выбран по опыту прошлых исследований [1]. Катод представлял собой отрезок карбонизированной ткани плотностью 400г/м2 с плетением саржа, обклеенный с четырех сторон полиуретановой лентой во избежание распада нитей. Анод был также выполнен в виде отрезка карбонизированной ткани плотностью 240г/м2 с плетением жаккард, закрепленного на пластиковой рамке, напечатанной на 3D принтере, для удобного помещения в слой почвы. Кабели к аноду были прикреплены с помощью смеси из порошкового графита и эпоксидной смолы в соотношении 2:1 для лучшей проводимости. Электроды были погружены вертикально в ёмкость с техногенной почвой и соединены через резистор сопротивлением 120 Ом для обеспечения нагрузки. Условия работы ячеек были оптимальными: поддерживалась температура около 22°C, а также ежедневно осуществлялось увлажнение.

В ходе эксперимента было установлено, что почвенные микробные биотопливные элементы могут поддерживать стабильные значения напряжения и силы тока в течение более двух месяцев. Так полученные значения напряжения при приложенной нагрузке составили от 1 до 47 мВ, а значение силы тока от 3 до 226 мкА. Результаты исследования подтверждают, что почвенные микробные биотопливные элементы способны выступать в роли стабильного и экологичного источника питания, обеспечивая автономную генерацию электроэнергии на протяжении длительного времени без необходимости замены или обслуживания.

Список литературы

1. Сизикова Е.Д. [и др.]. / Оптимизация анода микробного биотопливного элемента на основе карбонизированной ткани // Вестник биотехнологии и физико-химической биотехнологии им. Ю.А. Овчинникова. 2024. 20(4). С. 85-90.
2. Bashir M.F. et al. Linking climate change, energy transition and renewable energy investments to combat energy security risks: Evidence from top energy consuming economies // Energy. 2025. Vol. 314.
3. Himes C. et al. Ultralow Voltage Nanoelectronics Powered Directly, and Solely, From a Tree // IEEE Transactions on Nanotechnology. 2010. Vol. 9.
4. Lin F.-T. et al. A Self-Powering Wireless Environment Monitoring System Using Soil Energy // IEEE Sensors Journal. 2015. Vol. 15.
5. Umair M. et al. Assessing the environmental consequences of fossil fuel consumption in newly industrialized countries // International Journal of Energy Sector Management. 2025. Vol. 19. No. 4. P. 1027–1044.

Дигитаева В.В.
студент
Научные руководители: ***Фирсова Ю.А.***
к.т.н., доцент,
firsovay@mail.ru
Сайфетдинов А.Г.
к.т.н., доцент
Казанский национальный исследовательский технологический университет
Россия, Казань

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ МИКРОБНЫХ БИОТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВЕ

Аннотация. Проведено сопоставление энергоэффективности двухступенчатых и каскадных холодильных машин в зависимости от температурных режимов кипения и конденсации.

Ключевые слова: каскадная холодильная машина; двухступенчатая холодильная машина; фреон; углекислый газ; эффективность.

В современной холодильной индустрии одной из важнейших задач является повышение энергоэффективности оборудования при одновременном снижении энергопотребления [1]. В каскадных холодильных системах реализовано разделение на отдельные контуры, в каждом из которых используется свой хладагент. Такой подход позволяет максимально адаптировать термодинамический цикл к заданным условиям, что особенно важно для обеспечения высокой производительности и надёжности в сложных температурных режимах. Однако подобные системы отличаются более высокой стоимостью и конструктивной сложностью, что требует профессионального подхода на всех этапах: от проектирования и подбора компонентов до монтажа и пусконаладочных работ. Кроме того, эксплуатация и обслуживание каскадных установок требуют от персонала глубоких знаний и специальных навыков.

Несмотря на эти сложности, благодаря высокой эффективности и экологичности, каскадные холодильные установки всё активнее внедряются в различных отраслях промышленности, где востребованы надёжные и экономичные решения для охлаждения [2].

В рамках данного исследования проведено сравнение эффективности каскадных и двухступенчатых холодильных установок при различных температурах кипения и конденсации, основанное на анализе их энергоэффективности.

В ходе анализа было выявлено, как температурные режимы кипения и конденсации влияют на эффективность работы холодильного оборудования. Полученные результаты позволяют обоснованно выбрать оптимальную схему для конкретных условий эксплуатации.

Для сравнения были выбраны следующие объекты:

1. Каскадная установка, включающая верхний и нижний контуры. В качестве рабочих веществ используются хладагенты R404a (верхний каскад) и R744 (нижний каскад). Холодопроизводительность системы составляет 400 кВт, диапазон температур кипения в нижнем каскаде – от −55 °C до −45 °C.

2. Двухступенчатая фреоновая установка, реализующая цикл с двухэтапным сжатием и парожидкостным теплообменником. В качестве хладагента используется R404a. Холодопроизводительность – 400 кВт, диапазон температур кипения в испарителе – от −55 °C до −40 °C, диапазон температур конденсации – от 25 °C до 35 °C.

Результаты сравнительных расчётов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета для фреоновой двухступенчатой холодильной установки

Холодопроизводительность Q_0, кВт	400	400	400
Температура конденсации $t_{конд}$, °C	25	30	35
Температура кипения t_0, °C	-45	-50	-55
Давление конденсации $P_{конд}$, МПа	1,24	1,419	1,608
Давление кипения P_0, МПа	0,105	0,083	0,064
Изоэнтропная мощность N_{s1}, кВт	64,19	69,04	82,5
Изоэнтропная мощность N_{s2}, кВт	94,75	11957	184,95
Холодильный коэффициент ε	1,76	1,48	1,04

В каскадной холодильной установке в верхнем каскаде – фреон R404a, в нижнем каскаде – R 744. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчета для каскадной холодильной установки

Холодопроизводительность Q_0, кВт	400	400	400
Температура конденсации R744 $t_{конд}$, °C	-15	-17	-19
Температура кипения R744 t_0, °C	-45	-50	-55
Давление конденсации R744 $P_{конд}$, МПа	2,3	2,15	2,03
Давление кипения R744 P_0, МПа	0,83	0,68	0,55
Изоэнтропная мощность нижней ветки каскада $N_s^н$, кВт	63,9	74	82,77
Изоэнтропная мощность верхней ветви каскада $N_s^в$, кВт	105,5	151,9	170,03
Холодильный коэффициент ε	2,36	1,77	1,7

Результаты расчёта эффективности каскадной и двухступенчатой установок в виде графической зависимости холодильного коэффициента ε от температуры конденсации $t_{конд}$ приведены на рисунке.

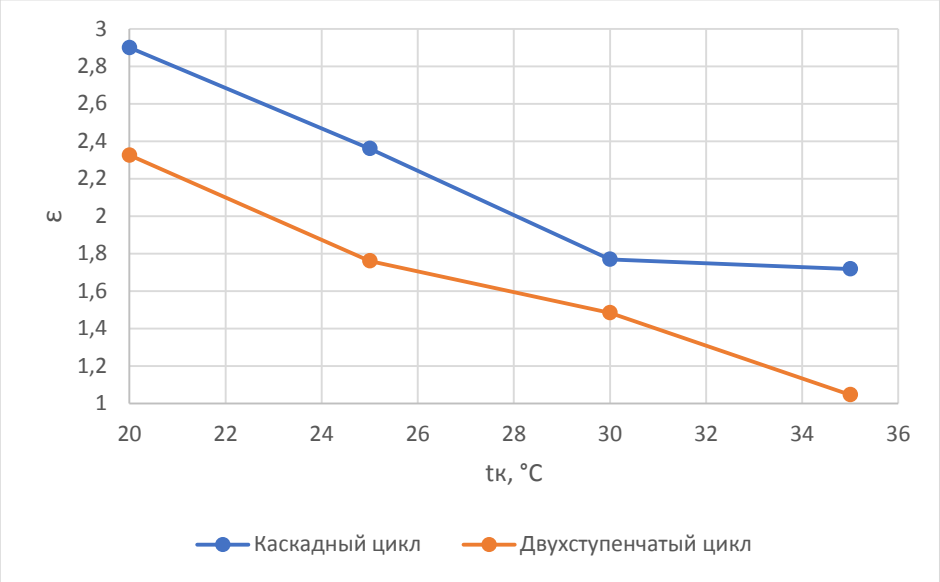


Рис. График зависимостей $\varepsilon=f(t_{конд})$ для двухступенчатой и каскадной холодильных установок

Результаты расчётов и анализ графика (рис.) свидетельствуют о том, что применение каскадного цикла позволяет повысить холодильный коэффициент. В исследованном диапазоне температур (t_0 = -50…-40 °C, $t_{конд}$ = =20…35 °C) эффективность возрастает в среднем на 26 %, а при понижении температуры кипения до -55 °C – на 40 %.

Таким образом, каскадная установка с R744 в нижнем каскаде и R404a в верхнем превосходит по эффективности двухступенчатый цикл на R404a.

Список литературы

1. Велюханов В. Каскадные холодильные установки. Империя Холода, 2021. № 1(106). – С. 17-19.
2. Сусликов Д.В. Современные подходы в проектировании систем промышленного холодоснабжения на NH3/CO_2. Холодильные машины и аппараты, 2017.- № 2.- С. 20-22.

Фролов Н.А., Филиппова Ю.В., Шкляева Э.Н.
студенты
Научные руководители: ***Мошин А.А.***
к.т.н., старший преподаватель,
a.moshin97@mail.ru
Румянцев Н.Г.
ассистент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

УСТРОЙСТВО ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ ГИДРОГЕЛЕВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ

Аннотация. Разработано устройство для 3D-печати гидрогелями с поршневым экструдером, раздельным позиционированием и системой подачи на базе перистальтического насо-

са с термоконтролем. Экспериментально подтверждена возможность формирования однослойных и многослойных конструкций из агарозного гидрогеля при 25°C. Деформаций напечатанных слоёв не зафиксировано. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности разработанного устройства для последующих исследований в области 3D-печати гидрогелевыми материалами.

Ключевые слова: гидрогели; 3D-печать; контроль температуры; экструдер поршневого типа; аддитивные технологии.

Введение

В последние годы аддитивные технологии активно развиваются в направлении расширения спектра используемых материалов. Особый интерес представляют гидрогелевые материалы, работа с которыми предъявляет повышенные требования к аппаратурному оформлению экструзионных методов послойного формирования изделий. В отличие от термопластичных полимеров, гидрогели сохраняют структурную целостность за счет межмолекулярных взаимодействий, поэтому определяющее значение для качества печати приобретают точность дозирования и стабильность механического воздействия экструдера, а не тепловое воздействие на материал [1,9].

Большинство серийных экструзионных 3D-принтеров предназначены для работы с твердыми полимерными нитями (FDM-технология) либо с фотополимерными смолами (SLA, DLP) [7]. Однако попытка использовать данные устройства для печати гидрогелями без учета кинематических схем и систем подачи материала вызывает нестабильность экструзии, снижение межслойной адгезии и искажение геометрических параметров изделий [2]. Следовательно, для достижения воспроизводимых результатов требуется создание специализированного устройства, в котором все конструктивные параметры – от типа привода экструдера до кинематической схемы позиционирования – будут согласованы с реологическими свойствами гидрогелевых чернил.

Среди существующих типов экструдеров для работы с гидрогелями наиболее подходящим считается поршневой механизм. Он обеспечивает линейную зависимость между перемещением привода и объёмом выдавливаемого материала, что подтверждено калибровочными экспериментами [10]. Кроме того, разделение приводов в системе позиционирования (стол перемещается по X и Y, экструдер – по Z) снижает инерционные нагрузки на подачу материала. Это особенно важно при формировании многослойных конструкций с высокой плотностью заполнения [3].

Важным фактором, влияющим на стабильность структурообразования гидрогелей, является температура печати. Для материалов на основе агарозы и желатина, характеризующихся обратимым золь-гель переходом, даже незначительные температурные колебания способны изменять вязкость чернил и, как следствие, нарушать геометрическую точность [4,5]. В этой связи оснащение устройства системой контроля температуры и проведение процесса в стабильных тепловых условиях (комнатная температура 25°C) рассматривается в качестве обязательного элемента аппаратурного обеспечения, позволяющего минимизировать влияние внешних факторов на воспроизводимость печати [6,8].

Таким образом, разработка специализированного оборудования для 3D-печати гидрогелевыми материалами, оснащённого системой контроля температурных условий, представляет собой актуальную научно-техническую задачу.

Материалы и методы исследования

С целью отработки технологических режимов послойной печати гидрогелевыми материалами было разработано устройство, обеспечивающее нанесение гелевых материалов в 3D-режиме (рис. 1 (A)). Установка оснащена системой сменных печатающих устройств, простейшим из которых является экструдер поршневого типа.

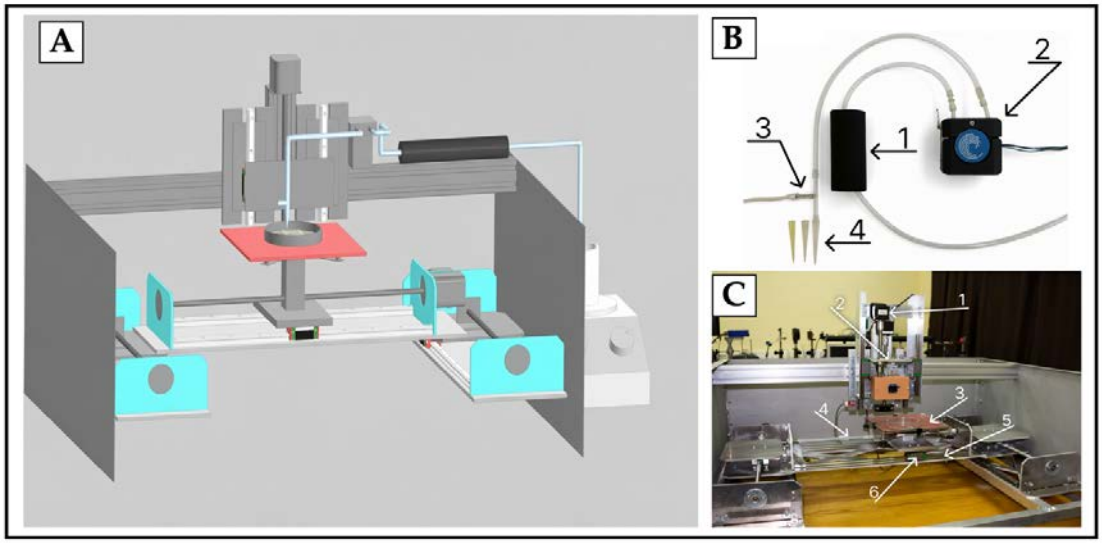


Рис. 1. Конструкция разработанного 3D-принтера для печати гидрогелями:
A – 3D-модель; B – система подачи материала:
1 – термоизолирующая трубка, 2 – перистальтический насос, 3 – датчик температуры (термопара), 4 – сменные сопла; C – общий вид экспериментальной установки:
1 – шаговый двигатель, 2 – платформа, передающая усилие на шток шприца,
3 – рабочий стол, 4 – ходовой винт, 5 – рельсовая направляющая

Конструкция устройства обеспечивает возможность пространственного позиционирования печатающей головки в трех взаимно перпендикулярных осях (*X*, *Y*, *Z*), что позволяет реализовывать полноценное трехмерное построение образцов. Система управления предусматривает возможность программирования траекторий движения печатающего узла и параметров экструзии, что расширяет спектр возможных применений разработанного устройства в области трехмерной печати, тканевой инженерии и создания функциональных гидрогелевых структур.

Отдельного внимания заслуживает разработанная система подачи гидрогелевого материала (рис. 1 (B)), являющаяся одной из ключевых особенностей экспериментальной установки. Для подачи гидрогелевого материала используется перистальтический насос (*2*), обеспечивающий непрерывную дозированную подачу без прямого контакта механических частей с биоматериалом, что исключает его загрязнение и повреждение клеток. От источника гидрогеля к насосу материал движется по термоизолированной трубке (*1*), позволяющей сохранять стабильную температуру на пути движения. Далее чернила постепенно охлаждаются и к моменту экструзии приобретают необходимую температуру. Контроль температуры осуществляется с помощью датчика (термопары) (*3*), установленного непосредственно перед зоной экструзии. Реологические свойства гидрогелей – вязкость и текучесть – непосредственно зависят от температуры, что делает данный параметр критически важным. Показатель температуры относится к числу основных термодинамических параметров состояния системы, позволяющих судить о структуре и свойствах чернил в ходе технологического процесса, что, в свою очередь, непосредственно влияет на качество и воспроизводимость печати. Сменные печатающие устройства (сопла) (*4*) обеспечивают гибкую настройку диаметра выходного канала.

Конструкция разработанного устройства (рис. 1 (C)) включает в себя ряд функциональных компонентов, обеспечивающих точность позиционирования, подачу гидрогелевого материала и контроль параметров процесса. Шаговый двигатель (*1*) служит основным приводным элементом, обеспечивающим поступательное движение платформы (*2*), которая, в свою очередь, передает усилие на шток шприца, тем самым осуществляя экструзию гидрогеля. Рабочий стол (*3*) является опорной поверхностью для формирования изделия и расположен на механической системе, включающей ходовой винт (*4*), рельсовую направляющую (*5*) и рельсовую каретку (*6*), что обеспечивает высокоточное перемещение в горизонтальной плоскости.

Особенностью конструкции разработанного устройства является распределение движений: рабочий стол перемещается по двум горизонтальным осям *X* и *Y*, тогда как печатающее

устройство (сопло) осуществляет движение исключительно вдоль вертикальной оси Z. Такое решение снижает инерционные нагрузки на экструзионный модуль, обеспечивая его стабильность и точность при формировании слоёв, особенно при работе с вязкими материалами, такими как гидрогели.

Контроль температурного режима

Для обеспечения стабильности процесса печати гидрогелевыми материалами в конструкцию устройства встроена система контроля температуры. Индикатор температуры, установленный на печатающем узле, позволяет в реальном времени отслеживать тепловые условия в зоне экструзии материала. Процесс печати осуществляется при комнатной температуре 25°C. Выбор температурного режима обоснован исследованиями реологических свойств гидрогелей на основе агарозы, которые демонстрируют стабильное поведение при комнатной температуре и не требуют дополнительной термостабилизации для формирования устойчивых конструкций [4]. Контроль температуры позволяет оценивать влияние тепловых факторов на процесс гелеобразования и своевременно корректировать параметры печати.

Система управления и программное обеспечение

Управление устройством реализовано на базе 32-битной материнской платы с возможностью модификации программного обеспечения. Перемещение по осям обеспечивается рельсовыми направляющими и подвижными каретками, приводимыми шаговыми двигателями. Для управления двигателями применяются драйверы с микрошаговым режимом, что позволяет минимизировать вибрации – важный фактор при работе с биосовместимыми материалами. Система управления позволяет программировать траектории движения экструдера и параметры подачи материала. Преобразование 3D-модели в управляющий код осуществляется с помощью специализированного ПО, где задаются основные параметры печати: траектория движения, скорость экструзии, геометрия сопла, высота слоя и плотность заполнения.

Результаты экспериментальной 3D-печати гидрогелевыми материалами

Эффективность предложенных конструктивных решений была подтверждена в ходе экспериментальной апробации разработанного устройства. В качестве материала для печати использован гидрогель на основе агарозы с концентрацией 0,6 % масс.

На первом этапе отрабатывалась печать плоского однослойного объекта. В качестве тестовой модели использовался квадрат толщиной 3 мм (рис. 2 (A)). Формирование изделия осуществлялось посредством экструзии гидрогелевой композиции через сопло диаметром 0,8 мм. Толщина получаемого слоя определялась траекторией движения печатающей головки и заданными параметрами подачи материала. Процесс печати проводился при контролируемой комнатной температуре 25°C, что обеспечивало стабильность реологических свойств чернил в ходе технологической операции.

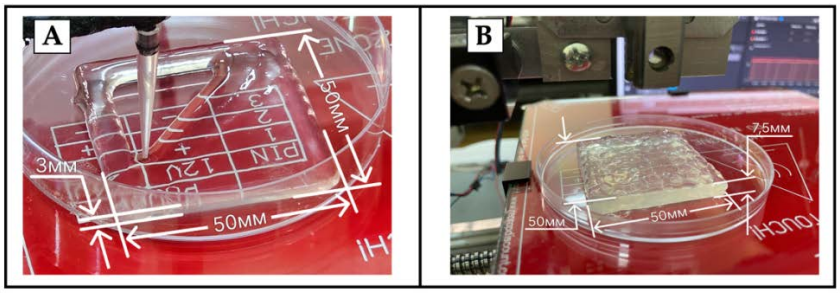


Рис. 2. Результаты процесса 3D-печати с использованием разработанного устройства и использованного гидрогеля на основе агарозы 0,6 % масс.: A – печать квадрата; B – напечатанный параллелепипед

На втором этапе выполнялась многослойная печать объёмного объекта – прямоугольного параллелепипеда (рис. 2 (B)), состоящего из пяти слоёв. Высота каждого слоя составляла 1,5 мм, суммарная высота напечатанной конструкции – 7,5 мм. Процесс печати осуществлялся при стабильном температурном режиме (25°C). В ходе визуального контроля не было зафиксировано деформаций или смещений ранее напечатанных слоёв. Вопросы межслойной адгезии требуют дополнительного изучения и будут рассмотрены в следующих экспериментах.

Таким образом, в результате проведённых экспериментов была подтверждена принципиальная возможность формирования как однослойных, так и многослойных конструкций из агарозного гидрогеля с использованием разработанного устройства. Полученные данные позволили оценить стабильность геометрических параметров при послойном наращивании высоты изделия. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение межслойной адгезии и оптимизацию режимов печати для улучшения качества формируемых структур.

Заключение

В результате выполнения представленной работы разработано и сконструировано специализированное устройство для 3D-печати гидрогелевыми материалами, оснащённое системой контроля температурных условий и сменными печатающими устройствами. Разработанная система подачи материала, включающая перистальтический насос, термоизолированную трубку и термопару для контроля температуры, обеспечивает непрерывную дозированную подачу гидрогеля без прямого контакта механических частей с биоматериалом. Проведение процесса печати при комнатной температуре 25°C обусловлено реологическими свойствами агарозного гидрогеля, демонстрирующего стабильное поведение в указанном диапазоне. В ходе экспериментальной печати подтверждена принципиальная возможность формирования как однослойных (квадрат толщиной 3 мм), так и многослойных (прямоугольный параллелепипед из пяти слоёв общей высотой 7,5 мм) конструкций. Визуальный контроль процесса не выявил деформаций или смещений напечатанных слоёв, что свидетельствует о стабильности геометрических параметров при послойном наращивании. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности разработанного устройства для последующих исследований в области 3D-печати гидрогелевыми материалами. Направление дальнейших работ включает изучение межслойной адгезии, а также оптимизацию параметров печати для различных гидрогелевых композиций, в том числе на основе желатина и их смесей с агарозой.

Список литературы

1. Преображенский И.И., Путляев В.И. Трехмерная печать биосовместимых материалов на основе гидрогелей (обзор) // Журнал прикладной химии. 2022. Т. 95. № 6. С. 685-699.
2. Bociaga D., Bartniak M., Sobczak K., Rosinska K. An Integration of a Peristaltic Pump-Based Extruder into a 3D Bioprinter Dedicated to Hydrogels // Materials. 2020. Vol. 13. № 19. P. 4237.
3. Gong C., Kong Z., Wang X. The Effect of Agarose on 3D Bioprinting // Polymers. 2021. Vol. 13. № 22. P. 4028.
4. Heidenreich A.C., Perez-Recalde M., Gonzalez Wusener A., Hermida E.B. Collagen and chitosan blends for 3D bioprinting: A rheological and printability approach // Polymer Testing. 2020. Vol. 82. P. 106297.
5. Jiang F., Xu X.W., Chen F.Q., Weng H.F., Chen J., Ru Y., Xiao Q., Xiao A.F. Extraction, Modification and Biomedical Applications of Agarose Hydrogels: A Review // Marine Drugs. 2023. Vol. 21. № 5. P. 299.
6. Kreller T., Distler T., Heid S., Gerth S., Detsch R., Boccaccini A.R. Physico-chemical modification of gelatine for the improvement of 3D printability of oxidized alginate-gelatine hydrogels towards cartilage tissue engineering // Materials & Design. 2021. Vol. 208. P. 109877.
7. Ngo T.D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K.T.Q., Hui D. Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges // Composites Part B: Engineering. 2018. Vol. 143. P. 172-196.
8. Shao Y., Liao Z., Gao B., He B. Emerging 3D Printing Strategies for Enzyme Immobilization: Materials, Methods, and Applications // ACS Omega. 2022. Vol. 7. № 14. P. 11530-11543.
9. Shashikumar U., Saraswat A., Deshmukh K., Hussain C.M., Chandra P., Tsai P.C., Huang P.C., Chen Y.H., Ke L.Y., Lin Y.C., Chawla S., Ponnusamy V.K. Innovative technologies for the fabrication of 3D/4D smart hydrogels and its biomedical applications – A comprehensive review // Advances in Colloid and Interface Science. 2024. Vol. 328. P. 103163.
10. Yu K., Gao Q., Lin Z., Wang F., Zhang P., Liu Y.D., Lu L. Investigation of the temperature gradient control in the printing space for the material extrusion of medical biodegradable hydrogel // Computers in Biology and Medicine. 2024. Vol. 168. P. 107722.

Гурков П.А.
студент,
gurkov.pavel@yandex.ru
Научный руководитель: ***Громовых Т.И.***
д.б.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

СОЗДАНИЕ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, МОДИФИЦИРОВАННОГО НАНОЧАСТИЦАМИ TI_3C_2-MXENE И $NAYF_4$

Аннотация. Разработан композит на основе бактериальной целлюлозы (штамм *Gluconacetobacter hansenii* GH-1/2008) и наночастиц Ti_3C_2-MXene / β-$NaYF_4$:Yb/Er. Два метода: послойная сборка (LbL) на плёнку БЦ и добавление частиц в среду при культивировании (*in situ*). Композит LbL отличается равномерным распределением частиц, ап-конверсионной зелёной люминесценцией, фототермическим нагревом до 65 °C при облучении лазером 975 нм и электропроводностью (удельное сопротивление $6{,}5\times10^{-6}$ Ом·м). Облучение снижает сопротивление слоя MXene на 5 % из-за влияния люминесценции $NaYF_4$. Композит in situ имеет агломерацию частиц и пониженную механическую прочность.

Ключевые слова: бактериальная целлюлоза; композит; наночастицы; Ti_3C_2-MXene; $NaYF_4$; биосинтез; фотолюминесценция.

Введение

Бактериальная целлюлоза (БЦ) – природный биополимер, синтезируемый микроорганизмами рода *Gluconacetobacter*. Она обладает уникальной нанофибриллярной структурой, высокой пористостью (поры до 480 нм), механической прочностью (модуль Юнга до 138 ГПа), гидрофильностью и биосовместимостью [3, 4]. Благодаря этому БЦ широко используется как матрица для иммобилизации наночастиц. Для придания функциональных свойств (фототермия, люминесценция, электропроводность) перспективны наночастицы Ti_3C_2-MXene (двумерный карбид титана) – они обладают высокой электропроводностью (до 4600 См/см), фототермическим эффектом в ближнем ИК-диапазоне и биосовместимостью [5, 6]. В свою очередь, ап-конвертирующие наночастицы β-$NaYF_4$:Yb/Er преобразуют низкоэнергетическое ИК-излучение (975 нм) в видимый свет (зелёная область), что позволяет использовать их для оптической визуализации и фотодинамической терапии (ФДТ) глубоких тканей [7]. Комбинация обоих типов наночастиц в одной системе открывает возможность создания мультифункциональных платформ, совмещающих диагностику (люминесценция) и терапию (фототермия и ФДТ). Однако такие композиты на основе БЦ ранее не исследовались.

Цель работы – разработка композита на основе пленок БЦ, модифицированной Ti_3C_2-MXene и $NaYF_4$, и детальное описание методологии его получения с последующим анализом морфологии, фазового состава, фотолюминесцентных и электропроводящих свойств.

Методология получения композитов

Бактериальная целлюлоза (БЦ) представляет собой трёхмерную сеть нанофибрилл, образующих поры размером от десятков до сотен нанометров. Эта структура позволяет использовать БЦ в качестве матрицы для иммобилизации наночастиц (НЧ) двух основных способами:

1. Пост-синтетическая модификация – наночастицы наносятся на уже сформированную и очищенную пленку БЦ (например, методом послойной сборки, пропитки или фильтрации).

2. *In situ*-модификация – наночастицы добавляются в питательную среду в процессе культивирования продуцента, и растущие фибриллы БЦ «захватывают» их, включая в свою структуру.

В обоих случаях ключевыми факторами являются:

- совместимость наночастиц с условиями синтеза/хранения БЦ (pH, температура, гидрофильность);
- стабильность суспензии НЧ (отсутствие агломерации);

• прочность фиксации НЧ в матрице (за счёт электростатических, водородных связей или механического захвата).

В данной работе использованы оба подхода: послойная сборка (LbL) для получения композита с двумя типами НЧ (Ti_3C_2-MXene и $NaYF_4$) и культивирование с добавлением $NaYF_4$ в среду.

Блок-схема (рисунок 1) наглядно демонстрирует пути получения композитов, используемые в работе, и отражает ключевые технологические изменения в процессе их создания.

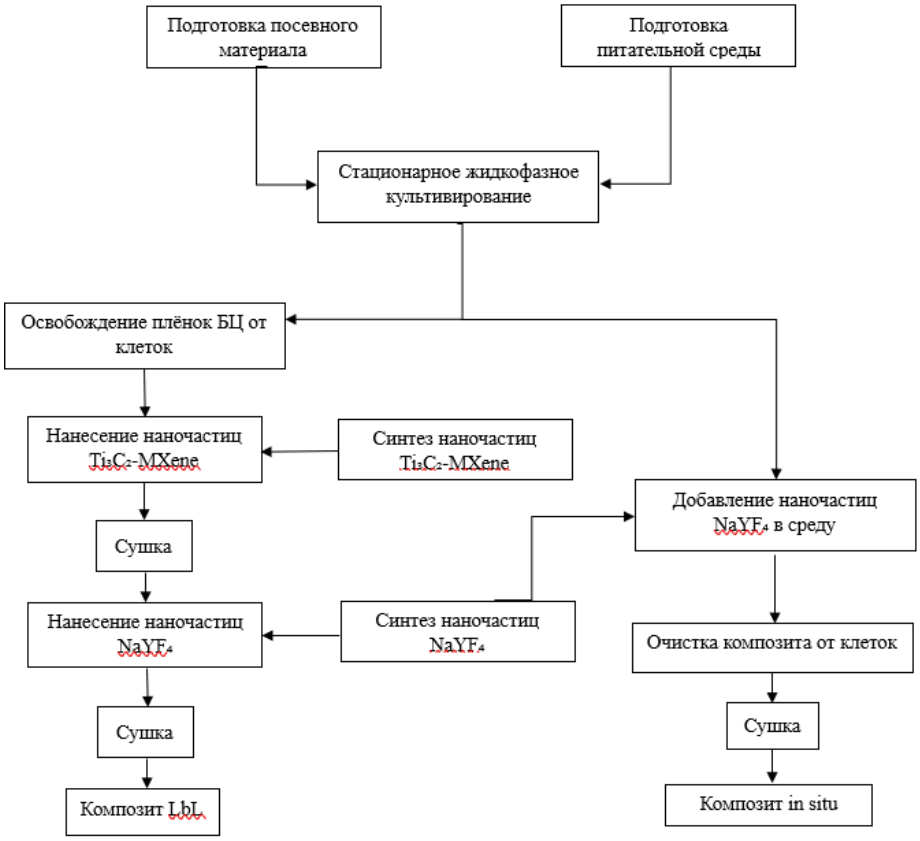


Рис. 1. Блок схема получения композитов методами LbL и In situ

Биосинтез пленок бактериальной целлюлозы

Продуцент: штамм *Gluconacetobacter hansenii* GH-1/2008 (ВКПМ В-10547) – грамотрицательный облигатный аэроб, выделенный из культуры «чайного кваса». Клетки цилиндрической формы (0,7-1,2×1-3 мкм), расположены поодиночке, парами или короткими цепочками. Штамм депонирован во Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов.

Культивирование. Стационарное жидкофазное культивирование продуцента проводили в конических колбах объёмом 250 мл. на модифицированной среде Хестрина-Шрамма следующего состава (г/л дистиллированной воды): глюкоза (источник углерода) – 20, дрожжевой экстракт – 8, Na_2HPO_4 – 2,7, KH_2PO_4 – 2, $(NH_2)_2SO_2$ – 3, лимонная кислота (моногидрат) – 1,15. pH среды доводили до 5,0. После стерилизации (110 °C, 30 мин) добавляли 0,1 % этанола для стимулирования биосинтеза целлюлозы продуцентом. Культивирование проводили при 27 °C в течение 7 суток.

Посевной материал – инокулят получали культивированием 48 ч в пробирках на указанной среде в объёме 1 мл на колбу.

После 7 суток культивирования в колбах на поверхности среды формировалась гель-пленка БЦ толщиной 113±8 мкм.

Очистка пленок: Полученные гель-пленки освобождали от клеток, остатков среды и эндотоксинов последовательной обработкой: 24 ч в 0,5 % растворе додецилсульфата натрия (SDS) при комнатной температуре, затем 5 ч в 0,5 % NaOH на водяной бане при 98,5 °C (со сменой раствора каждый час). После щелочной обработки пленки промывали дистиллиро-

ванной водой в ультразвуковой бане в течение 2 ч. Стерилизацию готовых пленок проводили в автоклаве при 110 °С (30 мин). Хранили в стерильной дистиллированной воде при 6–8 °С.

Синтез наночастиц

Наночастицы β-$NaYF_4$:Yb/Er (28–30 нм)

Метод – термическое разложение трифторацетатных прекурсоров в органической среде. На первом этапе оксиды редкоземельных элементов: Y_2O_3 (0,78 ммоль), Yb_2O_3 (0,2 ммоль), Er_2O_3 (0,02 ммоль) растворяли в 20 мл 70 % трифторуксусной кислоты при кипячении с обратным холодильником (менее 6 ч) до образования гомогенного раствора. После охлаждения смесь упаривали, осаждённые трифторацетаты сушили в вакууме 3 ч. Далее прекурсоры смешивали с трифторацетатом натрия (1 ммоль суммарно), добавляли 6 мл олеиновой кислоты и 6 мл 1-октадецена. Реакционную массу дегазировали при 100 °С в вакууме 30 мин, затем нагревали до 290 °С со скоростью 8 °С/мин и инкубировали в атмосфере аргона 45 мин. На стадии дозревания в систему вводили предварительно нагретый до 85 °С раствор трифторацетата натрия (1 ммоль) в олеиновой кислоте (2 мл) и 1-октадецене (2 мл), после чего выдерживали при 330 °С (15 мин, аргон). Осаждение наночастиц проводили добавлением 130 мл изопропанола к охлаждённому продукту с последующим центрифугированием (30 мин). Очистку выполняли четырёхкратным промыванием этанолом и сушкой. Полученные сферические частицы имели узкое распределение по размерам 28-30 нм. (рисунок 2).

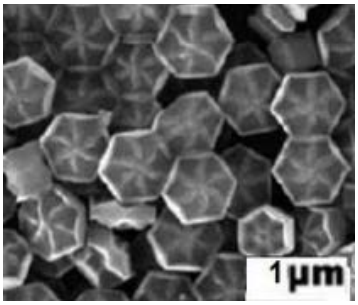


Рис. 2. РЭМ-изображение наночастиц β-$NaYF_4$:Yb/Er (30 нм)

Наночастицы Ti_3C_2-MXene (100-400 нм)

Синтез основан на травлении MAX-фазы Ti_3AlC_2 с последующей эксфолиацией. Готовили травильный раствор: в стеклянной колбе смешивали 100 мл H_2SO_4 (6 М) и 10 мл H_2O_2 (30 %), перемешивали 10 мин при 25 °С. Затем добавляли 1 г порошка Ti_3AlC_2. Полученную смесь инкубировали при 40 °С на магнитной мешалке (500 об/мин) 1 ч до изменения окраски с чёрной на фиолетовую (признак образования MXene). Далее смесь осаждали центрифугированием (5000 об/мин, 10 мин), супернатант удаляли, осадок трижды промывали бидистиллированной водой до pH 5-6. Остатки кислоты нейтрализовали 0,1 М NaOH. К осадку добавляли 50 мл дистиллированной воды и обрабатывали в ультразвуковой ванне в импульсном режиме (5 с. работа – 2 с. пауза) в течение 30 мин для эксполирования. Для удаления неэксполированных частиц суспензию центрифугировали при 3000 об/мин (15 мин). Полученные однослойные и многослойные пластины MXene имели латеральные размеры 100–400 нм и толщину около 1 нм (рисунок 3).

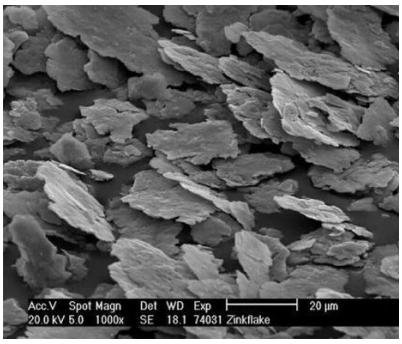


Рис. 3. РЭМ-изображение наночастиц Ti_3C_2-MXene (100–400 нм)

Метод послойной сборки (Layer-by-Layer, LbL)

Высушенную пленку БЦ (толщина 113±8 мкм) закрепляли на плоской подложке. Перед нанесением суспензий наночастиц проводили ультразвуковую обработку каждой суспензии в течение 5 мин для разрушения агломератов.

Нанесение слоя Ti_3C_2-MXene: 1 мл суспензии наночастиц MXene в дистиллированной воде (концентрация 0,45 г/л) равномерно распределяли микропипеткой по верхней поверхности пленки (сторона, находившаяся на границе жидкость–воздух при культивировании). Образец сушили при 40 °C в течение 20 мин. Толщина сформированного слоя MXene составила около 500 нм (по данным РЭМ скола).

Нанесение слоя $NaYF_4$: 0,5 мл суспензии наночастиц $NaYF_4$ в гексане (концентрация 0,59 г/л) наносили поверх высушенного слоя MXene. Гексан быстро испарялся, высушивание при комнатной температуре занимало 30 с. Формировался практически монослой частиц $NaYF_4$ (толщина 30-50 нм).

Метод культивирования с добавлением наночастиц в среду (in situ)

Этот метод основан на внесении наночастиц непосредственно в питательную среду во время биосинтеза БЦ. Наночастицы $NaYF_4$ добавляли в концентрациях 0,325 % и 0,65 % от объёма среды (контроль – без частиц). Суспензию готовили: 0,1 мг $NaYF_4$ в 2 мл дистиллированной воды, обрабатывали ультразвуком 5 мин, затем добавляли в колбу со средой. Культивирование проводили на качалке (встряхиватель IKA KS 4000, 150 об/мин) при 28-30 °C в течение 5 суток. Перемешивание было необходимо для предотвращения оседания наночастиц на дно. Инокулят вносили в том же объёме (1 мл на колбу 250мл.).

Очистку проводили с дополнительной промывкой в 10 % растворе SDS в течение 3 суток (смена каждые 24 ч) для удаления частиц, не связанных прочном и клеток продуцента.

Методы характеризации крмпозитов

Растровая электронная микроскопия (РЭМ): Автоэмиссионный микроскоп Scios FEI, режим Optiplan, ускоряющее напряжение <1 кэВ (низковольтный режим, позволяющий изучать образцы без напыления проводящего слоя). Исследовали поверхность и сколы образцов, полученные при разрушении в жидком азоте.

Рентгенофазовый анализ (XRD): Дифрактометр Miniflex 600 (Rigaku), CuKα-излучение. Снимали дифрактограммы в интервале углов 2θ от 5° до 60°.

Фотолюминесценция: Возбуждение лазером с длиной волны 975 нм (мощность 1 Вт, пятно площадью 4 мм²). Спектры регистрировали спектрофотометром Lambda 650 Perkin Elmer. Температуру поверхности измеряли контактным термометром.

Электропроводность: Двухконтактный метод с использованием цифрового мультиметра АКТАКОМ АМ-1083. Контакты – медная фольга, прижатая к слою MXene. Измеряли сопротивление при различных расстояниях между контактами (0,5-5,0 см). Для изучения влияния люминесценции на электропроводность слой $NaYF_4$ облучали лазером 975 нм во время измерения.

Результаты и обсуждение

Микроморфология пленок бактериальной целлюлозы

Синтезированные продуцентом Gluconacetobacter hansenii GH-1/2008 пленки бактериальной целлюлозы представляют собой трёхмерную сеть переплетённых фибрилл диаметром 37±10 нм с порами до 480 нм. Такая структура обеспечивает высокую ёмкость для иммобилизации наночастиц (рисунок 4).

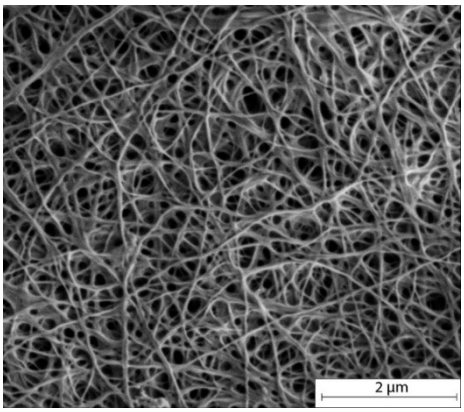


Рис. 4. РЭМ-изображение поверхности нативной бактериальной целлюлозы: видны фибриллы диаметром 37±10 нм и поры до 480 нм

Морфология нанокомпозитов

Полученный нанокомпозит имел чёткую трёхслойную структуру: БЦ – первый слой, MXene – второй слой и $NaYF_4$. – третий слой (рисунок 5).

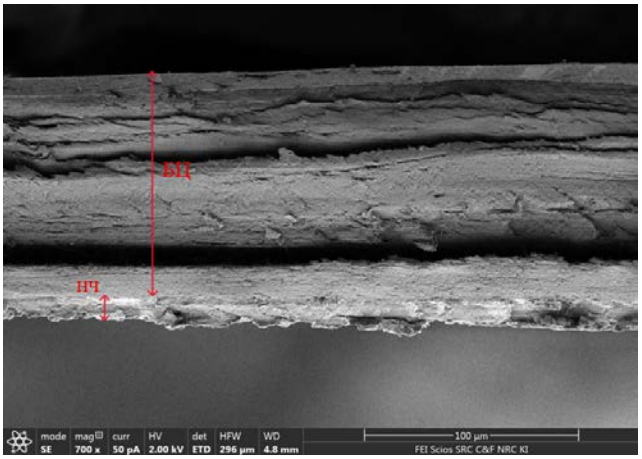


Рис. 5. РЭМ-изображение скола композита, полученного методом LbL: 1 – слой БЦ, 2 – слой MXene, 3 – слой $NaYF_4$

Исследования показали, что при оптимальных концентрациях частицы $NaYF_4$ электростатически фиксировались на пластинах MXene, не образуя агломератов. Расчёт силы кулоновского притяжения (заряд MXene ≈ -50 мкКл/м², $NaYF_4$ ≈ +30 мкКл/м², расстояние 0,5 нм, диэлектрическая проницаемость воды 80) дал значение F ≈ 845 нН, что достаточно для надёжной фиксации (рисунок 6).

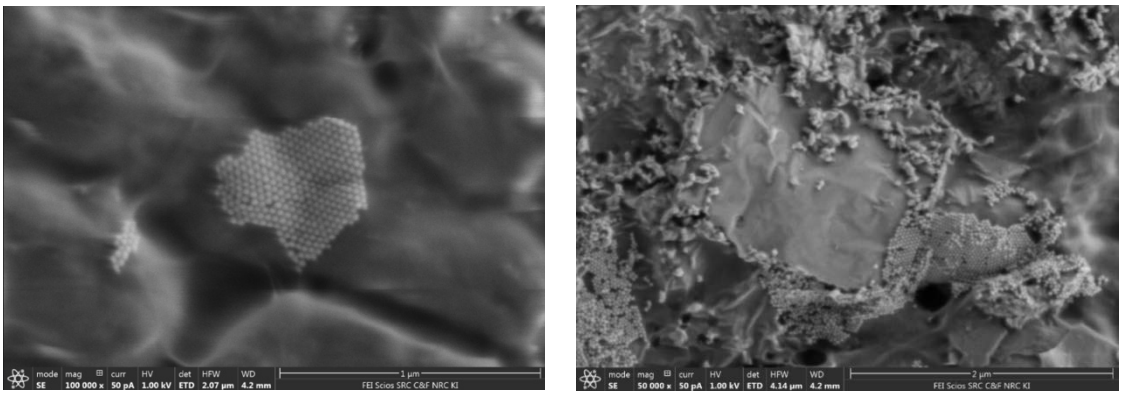


Рис. 6. Поверхность композита LbL: наночастицы $NaYF_4$ (светлые точки) на пластинах MXene

Композит LbL (рисунок 6) демонстрирует равномерное покрытие поверхности БЦ пластинами MXene (100–400 нм), которые закрепляются в порах и на поверхности. Наночастицы $NaYF_4$ (30 нм) адсорбируются на пластинах MXene, формируя монослой. Расчёт электростатической силы (845 нН) подтверждает стабильность фиксации.

При увеличении концентрации суспензий наночастиц (например, при нанесении большего объёма) образуются агломераты, нарушающие целостность покрытия (рисунок 7).

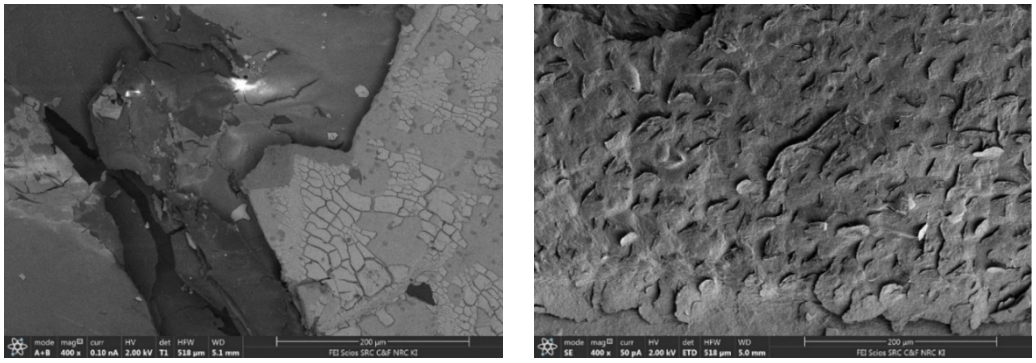


Рис. 7. Агломерация наночастиц при повышенной концентрации – потеря стабильности покрытия

Для тестирования электропроводности готовили образец (рисунок 8) с полоской MXene (ширина 1 см, длина 5 см) и нанесённым в центре квадратом $NaYF_4$ (0,5×0,5 см).

Рис. 8. Внешний вид тестового образца для измерения электропроводности

Анализ нанокомпозитов, полученных методом in situ.

После культивирования продуцента на среде с наночастицами (метод *in situ*) получили композит, который представлял собой гель-пленку с двумя отчётливыми слоями: внешний (новый) слой толщиной 0,4-0,7 мм, содержащий агломераты $NaYF_4$ (размером 1,5-4 мкм), и внутренний слой – исходная пластина БЦ, практически свободная от наночастиц (рисунок 9).

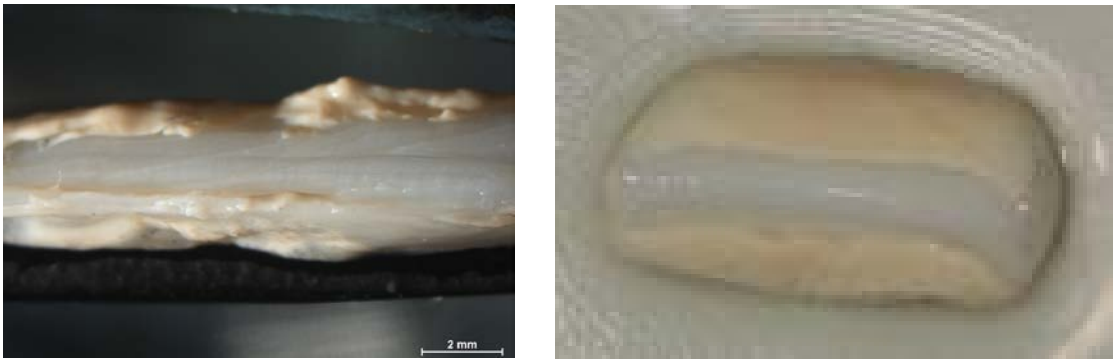


Рис. 9. Макрофотография разреза композита, синтезированного с добавлением $NaYF_4$ в среду

Этот композит (рисунок 9) имеет слоистую структуру с внешним слоем, содержащим крупные агломераты $NaYF_4$ (до 4 мкм), удерживаемые редкими фибриллами. Внутренний слой нанокомпозита практически свободен от наночастиц (рис. 10). Такая морфология приводит к снижению механической прочности и водоудерживающей способности по сравнению с нативной БЦ.

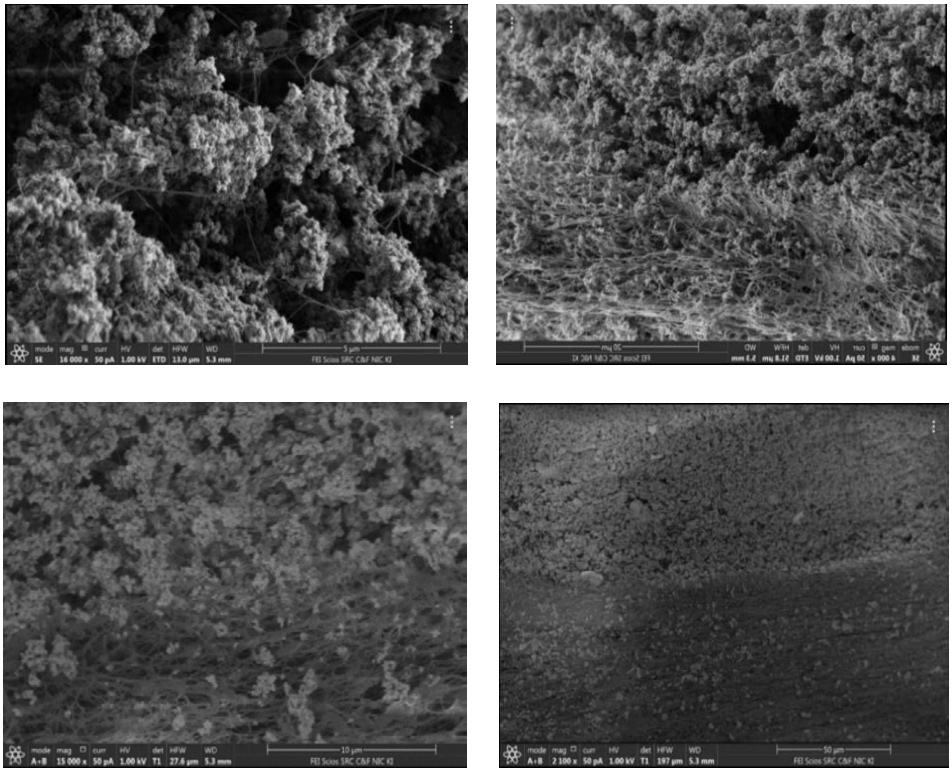


Рис. 10. РЭМ-изображение фиксации агломератов $NaYF_{44}$ (размер 1,5–4 мкм) в фибриллярной сети БЦ

Рентгенофазовый анализ нанокомпозитов

Проведенный рентгенофазовый анализ показал, что на дифрактограммах для всех образцов присутствуют характерные пики (рис. 11):

MXene: острый пик при 2θ≈6-9° (межплоскостное расстояние, соответствующее слоистой структуре);

$NaYF_4$: пики в области 20-35°, наиболее интенсивный при ≈30°;

БЦ: широкие пики при 14-22° (аморфно-кристаллическая природа целлюлозы).

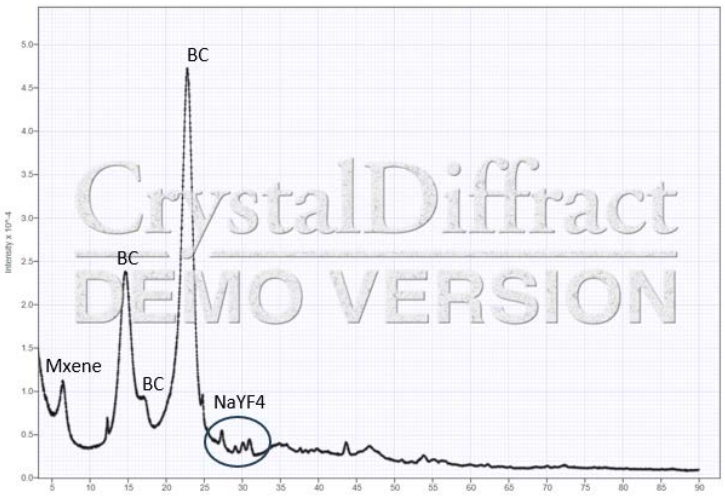


Рис. 11. Дифрактограмма композита LbL

Отсутствие новых пиков свидетельствует о том, что между компонентами не образуется химических соединений – взаимодействие носит физический характер (адсорбция, электростатика). Это важно для сохранения функциональных свойств каждой из наночастиц.

Фотолюминесценция и фототермический эффект нанокомпозитов.

При облучении лазером 975 нм (мощность 1 Вт) композит LbL демонстрирует яркую зелёную фотолюминесценцию с максимумом около 550 нм (рисунок 12). Это обусловлено ап-конверсионными переходами в ионах Er^{3+}: ^$2H_{11/2}$ → ^$4I_{15/2}$ и ^$4S_{3/2}$ → ^$4I_{15/2}$.

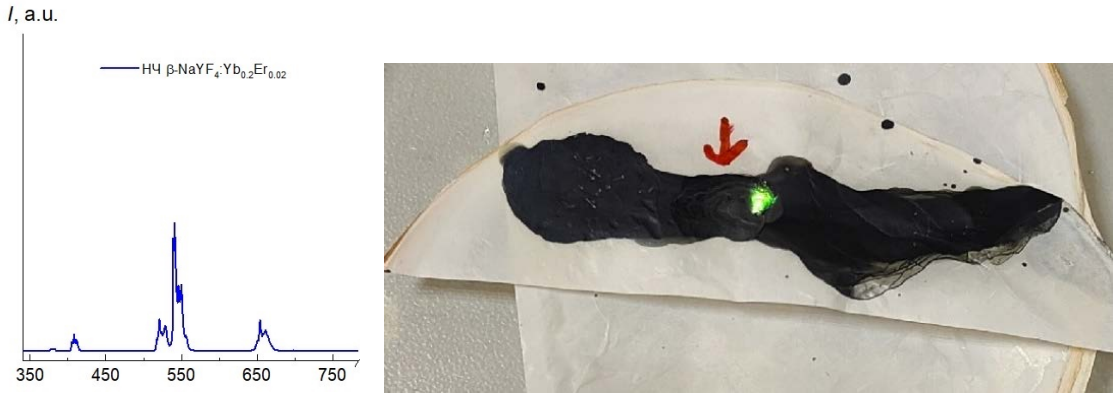


Рис. 12. Спектр фотолюминесценции композита LbL (λ_{vox}=975 нм): пик при 550 нм

Композит, полученный в условиях in situ, демонстрирует более интенсивное свечение из-за локальной концентрации наночастиц, однако при продолжительном облучении (1-2 мин) происходит термическая деградация пленки БЦ и падение интенсивности люминесценции (рисунок 13).

Рис. 13. Повреждение композита, полученного in situ, после лазерного облучения (термическая деградация БЦ)

Измерение температуры поверхности композита LbL в пятне лазера показало нагрев от 22 до 60-65 °C за 1 мин. Дальнейшего роста температуры не происходит из-за конвективного теплоотвода. Пик температуры приходится на область фокусировки (4 мм^2). При уменьшении площади пятна температура может превышать 100 °C, что приводит к разрушению БЦ, но слой MXene при этом не окисляется.

Электропроводность нанокомпозитов и её модуляция люминесценцией.

Измерения сопротивления полоски MXene в композите LbL показали линейную зависимость от расстояния между контактами (таблица). Удельное сопротивление $\rho = (R \cdot S)/L$, где S – площадь поперечного сечения (ширина 1 см, толщина 500 нм ≈ 5×10^{-8} м^2). Для R = 6,5 Ом при L = 0,5 см получаем $\rho \approx 6{,}5\times10^{-6}$ Ом·м, что соответствует проводимости $\sigma \approx 1{,}5\times10^{5}$ См/м. Это значение близко к литературным данным для MXene (10^4-10^5 См/м), незначительное снижение обусловлено контактными потерями и дефектами структуры (таблица).

Таблица

Электрическое сопротивление слоя Ti_3C_2-MXene в композите LbL (ширина слоя 1 см, толщина ≈500 нм)

№	Расстояние между контактами (см)	Сопротивление (Ом)
1	0,5	~6,5
2	1,0	~13,0
3	1,5	~19,4
4	2,0	~25,9
5	2,5	~32,4
6	3,0	~38,9
7	3,5	~45,3
8	4,0	~51,7
9	4,5	~58,2
10	5,0	~64,6

Эффект был обратим: после выключения лазера сопротивление возвращалось к исходному значению. Предположительно, ап-конверсионный процесс в $NaYF_4$ генерирует локальное электромагнитное поле или изменяет концентрацию свободных носителей вблизи границы раздела, что модулирует проводимость слоя MXene. Этот феномен впервые описан для подобных гибридных систем и может быть использован для оптического управления проводимостью биокомпозитов.

Заключение

В рамках выполненного исследования были детально разработаны и сопоставлены два подхода к формированию гибридных материалов на основе бактериальной целлюлозы, Ti_3C_2-MXene и ап-конверсионных наночастиц $NaYF_4$: метод послойной электростатической сборки и способ культивирования с введением компонентов непосредственно в питательную среду продуцента.

Проведенный анализ показал, что метод послойной сборки, несмотря на несколько большую технологическую сложность и необходимость промежуточной сушки пленок, обладает принципиальными преимуществами. Он обеспечивает точный контроль архитектуры композита, равномерное распределение функциональных наночастиц без признаков агломерации и полное сохранение нативной фибриллярной сети бактериальной целлюлозы. Высокая прочность фиксации слоя $NaYF_4$ на подложке из MXene, где сила адгезии составляет порядка 845 нН, гарантирует стабильность создаваемой функциональной платформы. В противоположность этому, метод in situ, будучи более простым в исполнении и давая более интенсивный люминесцентный сигнал за счет высокой локальной концентрации, неизбежно ведет к деградации механических свойств и водоудерживающей способности матрикса вследствие нарушения целостности целлюлозных волокон и абразивного воздействия частиц на них.

Полученный методом послойной сборки композит продемонстрировал уникальный комплекс характеристик, включая эффективную ап-конверсионную фотолюминесценцию в зеленой области спектра при 550 нм, выраженный фототермический эффект с разогревом поверхности до 65 °C под действием лазерного излучения 975 нм при мощности 1 W, и высокую электропроводность с удельным сопротивлением $6{,}5\times10^{-6}$ Ом·м.

Особого внимания заслуживает впервые обнаруженный и описанный в работе обратимый эффект снижения электропроводности MXene-слоя на 5 % при оптическом возбуждении люминофора $NaYF_4$. Это наблюдение открывает новые перспективы для бесконтактного управления электрическими свойствами биогибридных структур.

Совокупность выявленных свойств и технологических преимуществ послойной сборки позволяет рассматривать разработанный материал как высокоперспективную многофункциональную платформу для реализации комбинированных подходов в фотодинамической и фототермической терапии, а также для решения задач биовизуализации в сложных экологических и биологических системах.

Список литературы

1. Громовых Т.И., Хань Ф.М., Данильчук Т.Н. Штамм бактерий Gluconacetobacter hansenii GH-1/2008 – продуцент бактериальной целлюлозы. Патент РФ № 2464307. 2012.

2. Демина П.А. Ап-конвертирующие наночастицы для биомедицины // Российские нанотехнологии. 2023. Т. 18. С. 45–52.

3. Choi S.M., Rao K.M., Zo S.M. et al. Bacterial cellulose and its applications // Polymers. 2022. Vol. 14. № 6. P. 1080.

4. Swingler S., Gupta A., Gibson H. et al. Recent advances and applications of bacterial cellulose in biomedicine // Polymers. 2021. Vol. 13. № 3. P. 412.

5. Naguib M., Mochalin V.N., Barsoum M.W. et al. 25th Anniversary Article: MXenes: A new family of two-dimensional materials // Advanced Materials. 2014. Vol. 26. № 7. P. 992–1005.

6. Lipatov A., Bagheri S., Sinitskii A. Metallic conductivity of $Ti_3C_2T_x$ MXene confirmed by temperature-dependent electrical measurements // ACS Materials Letters. 2023. Vol. 5. P. 123–130.

7. Zhang J.Y., Wang S., Rong Z. et al. $NaYbF_4$ nanoparticles as near infrared light excited inorganic photosensitizers for deep penetration in photodynamic therapy // Nanoscale. 2018. Vol. 10. P. 12345–12356.

8. Zhao D., Feng M., Zhang L. et al. Bacterial cellulose-MXene nanocomposites: preparation and characterization // Carbohydrate Polymers. 2022. Vol. 276. P. 118745.

9. Peres M.F.S., Nigoghossian K., Primo F.L. et al. Bacterial cellulose membranes as a potential drug delivery system for photodynamic therapy of skin cancer // Journal of Materials Chemistry B. 2016. Vol. 4. P. 160050AR.

10. Gogotsi Y., Anasori B. The rise of MXenes // ACS Nano. 2019. Vol. 13. № 8. P. 8491–8494.

Коршунов А.А.
студент,
sasha27082002@mail.ru
Научные руководители: ***Громовых П.С.***
к.х.н., доцент
Макаров И.С.
к.х.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ФИБРЫ С АНТИОКСИДАНТАМИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ

Аннотация. Рассмотрено получение полипропиленовой микрофибры с природными антиоксидантами (витамином Е и пропилгаллатом) на основе возобновляемого сырья. Проведены реологические, морфологические и механические испытания после пяти циклов переработки. Показано, что пропилгаллат обеспечивает более высокую стабилизирующую эффективность по сравнению с витамином Е. Оба антиоксиданта являются экологически безопасной альтернативой синтетическим стабилизаторам.

Ключевые слова: полипропиленовая микрофибра; антиоксиданты; пропилгаллат; вторичная переработка.

Введение

Полипропилен (ПП) является одним из наиболее распространённых полимеров, однако его накопление в окружающей среде требует развития технологий вторичной переработки. Эффективным направлением переработки ПП является формование из него микрофибры, которая может использоваться в качестве дисперсного армирующего компонента, например, в бетонах и геополимерных композитах [1].

Однако в процессе переработки ПП подвергается термоокислительной деструкции, что приводит к снижению молекулярной массы, падению вязкости расплава и ухудшению механических свойств готового волокна. Для подавления деструкции необходимо введение антиоксидантов.

В промышленности используют синтетические стабилизаторы (Irganox 1010, Irgafos 168), однако экологические требования стимулируют переход на природные аналоги. Согласно [2], витамин Е (токоферол) является эффективным природным антиоксидантом, который замедляет окисление и стабилен в необходимых для переработки ПП температурах. Пропилгаллат (ПГ) (эфир галловой кислоты из растительного сырья) также относится к природным антиоксидантам фенольного типа и способен ингибировать радикальные цепные реакции окисления в расплавах полиолефинов.

Материалы и методы

В работе использовали полипропилен марки БАЛЕН 01030. В качестве природных антиоксидантов применяли витамин Е в концентрации 0,5 % и пропилгаллат в концентрации 0,2 %. Исследовали три состава: чистый ПП, ПП + витамин Е, ПП + пропилгаллат.

Смешение компонентов и формование микрофибры проводили в двухшнековом экструдере при температуре 185 °С. Полученную микрофибру наматывали, отбирали пробы для анализа, затем измельчали и повторно подавали в экструдер. Цикл (формование – отбор проб – измельчение – повторная экструзия) повторяли 5 раз для каждого состава.

Реологические исследования выполняли на ротационном реометре при 185 °С. Морфологию волокон изучали на поляризационном микроскопе с подогреваемым столиком. Механические испытания (прочность при растяжении и относительное удлинение) проводили на разрывной машине.

Результаты и обсуждения

После каждого цикла переработки образцы чистой ПП микрофибры заметно желтели. К пятому циклу цвет становился насыщенно-жёлтым (рис. 1) – типичный признак термоокислительной деструкции. Введение витамина Е снижало интенсивность пожелтения: образцы тоже меняли цвет, но значительно слабее. Пропилгаллат дал иную картину – фибра приобретала лёгкий сероватый оттенок (рис. 2).

Рис. 1. Расплав чистого ПП 5 цикл

Рис. 2. Расплав смеси ПП + пропилгаллат 5 цикл

Ни в одном из составов не обнаружено агломератов антиоксидантов. Распределение добавок по объёму волокна равномерное, дефектов типа нерасплавленных частиц или сгустков не зафиксировано. Это говорит о том, что при 185 °С в двухшнековом экструдере оба природных антиоксиданта хорошо совмещаются с ПП. Следовательно, на формирование волокон будут влиять только реологические параметры.

Для оценки влияния антиоксидантов на деструкцию ПП при многократной переработке были проведены реологические испытания расплавов на ротационном реометре. Получены кривые течения для 1-5 циклов экструзии.

Все исследованные расплавы демонстрируют псевдопластичное поведение, характерное для полимерных расплавов: вязкость уменьшается с ростом скорости сдвига (рис. 3). Для чисто-

го ПП наблюдается закономерное смещение кривых течения в область более низких вязкостей при увеличении числа циклов, что указывает на накопление деструктивных изменений.

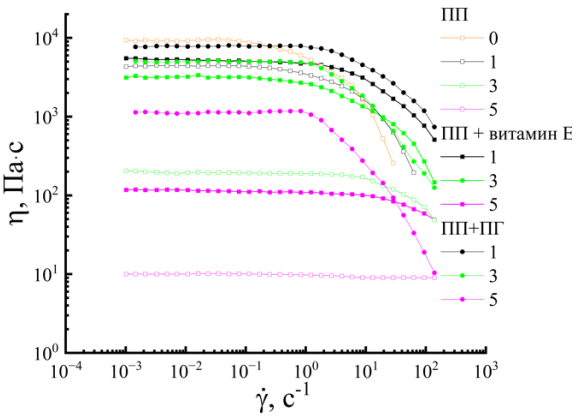


Рис. 3. Кривые текучести расплавов исходного полипропилена со стабилизатором и без стабилизатора

Введение пропилгаллата существенно замедляет этот процесс: снижение вязкости при увеличении числа циклов выражено значительно слабее, чем в чистом полипропилене (рис. 4). Композиции с пропилгаллатом сохраняют более высокие значения вязкости на всех циклах переработки. Витамин Е также замедляет деструкцию, однако его эффективность ниже: падение вязкости по циклам для образцов с витамином Е превышает соответствующие значения для ПП+ПГ, но остаётся ниже, чем для чистого ПП.

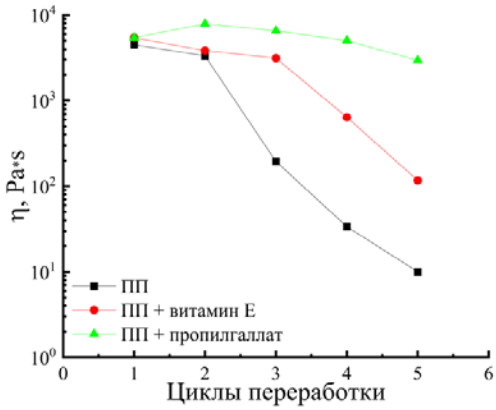


Рис. 4. Зависимость вязкости расплавов от количества циклов обработки при температуре 185 °С

Расплавы со стабилизатором и без стабилизатора пропускали через одноканальную фильеру и затем отправляли в охлаждающую ванну. После выхода из ванны прядь высушивали и наматывали на вал. Независимо от предыстории расплавов, нити формировались стабильно. Полученные нити показаны на рисунке 5.

Рис. 5. Полученные волокна после 5-го цикла

Механические испытания проведены для всех сформированных волокон после первого и пятого циклов переработки (таблица). Установлено, что предыстория переработки расплава (количество циклов и наличие стабилизатора) влияет на формируемые свойства волокон, однако все образцы сохраняют эксплуатационные характеристики на приемлемом уровне.

Таблица

Результаты испытаний волокон на растяжение

Цикл	***Диаметр, d (мкм)***	***Предел прочности, σ (МПа)***	***Относительное удлинение при разрыве, ε (%)***
Чистый ПП			
I	172	74	1051
V	150	31	699
ПП+вит Е			
I	165	86	1001
V	150	49	706
ПП+ПГ			
I	180	112	1136
V	167	53	725

Наибольшая прочность при растяжении зафиксирована для образцов с пропилгаллатом. Композиции с витамином Е демонстрируют промежуточные значения – выше, чем у чистого ПП, но ниже, чем у ПП+пропилгаллат. Чистый полипропилен без стабилизатора показывает наименьшую прочность, что объясняется накоплением деструктивных изменений в процессе многократной переработки.

Выводы

Проведённые исследования показали, что оба природных антиоксиданта – витамин Е и пропилгаллат – могут быть использованы для стабилизации полипропилена при многократной переработке в микрофибру. При этом характер их действия различается.

Морфологический анализ показал, что чистый ПП к пятому циклу переработки приобретает интенсивную жёлтую окраску, что свидетельствует о накоплении продуктов термоокислительной деструкции. Введение витамина Е снижает интенсивность пожелтения, тогда как пропилгаллат приводит к появлению слабого сероватого оттенка. Важно отметить, что во всех составах агломераты антиоксидантов отсутствовали, что подтверждает их хорошую совместимость с ПП при выбранных режимах смешения.

Реологические испытания показали, что чистый ПП закономерно деструктирует с каждым циклом переработки, о чём свидетельствует снижение вязкости расплава. Пропилгаллат существенно замедляет этот процесс, обеспечивая сохранение более высоких значений вязкости на всех циклах. Витамин Е также оказывает стабилизирующее действие, однако его эффективность ниже, чем у пропилгаллата.

Механические испытания подтвердили эти результаты. Наибольшая прочность при растяжении зафиксирована у образцов с пропилгаллатом, промежуточные значения – у композиций с витамином Е, наименьшие – у чистого ПП. При этом даже нестабилизированный полимер после пяти циклов сохраняет приемлемый уровень прочности.

Пропилгаллат демонстрирует более высокую стабилизирующую эффективность по сравнению с витамином Е при многократной переработке ПП в микрофибру. Оба исследованных антиоксиданта являются возобновляемыми и представляют собой экологически более безопасную альтернативу синтетическим стабилизаторам.

Список литературы

1. Ерошкина Н. А., Коровкин М. О., Чамурлиев М. Ю. Применение полипропиленовой микрофибры в технологии геополимерного мелкозернистого бетона // ИВД. 2018. № 2 (49).

2. Shambilova G. et al. Recycling of Polypropylene with Vitamin E Additives: Rheological Properties and Mechanical Characteristics // Processes. 2025. Vol. 13. №. 12. P. 3923.

Андреев Р.И., Белугин М.В.
студенты,
andreyevromash@yandex.ru
Научный руководитель: ***Чернявская В.В.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ В ЧИЛЛЕРНЫЕ УСТАНОВКИ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация. В статье рассматривается проблема низкого качества электроснабжения и её влияние на работу мощных чиллерных установок. Анализируя причины отказов холодильного оборудования, связанные с нестабильностью напряжения, импульсными перенапряжениями и высокой грозовой активностью. Предлагается гибридная система защиты на основе частотного источника бесперебойного питания (ИБП) и полупроводникового стабилизатора напряжения. Приводится экономическое обоснование внедрения и практические рекомендации по монтажу с учётом климатических особенностей южных регионов.

Ключевые слова: чиллер, холодильное оборудование, источник бесперебойного питания, полупроводниковый стабилизатор напряжения, установки большой мощности, системы автоматики.

Введение

Чиллерные установки большой мощности являются основой систем центрального кондиционирования и технологического охлаждения на промышленных объектах, в торговых центрах и социальных учреждениях. В условиях Южного федерального округа, характеризующегося высокой летней температурой воздуха и значительной грозовой активностью, надёжность их работы напрямую зависит от стабильности внешнего электроснабжения. Согласно статистическим данным, ограничения энергоснабжения неоднократно вводились в Ростовской области, Краснодарском крае и Республике Адыгея [2].

Основными причинами перебоев названы всплески нагрузки на магистральных сетях электропередач, дефицит трансформаторной мощности и высокий износ электросетевого оборудования.

Одни из традиционных методов защиты от перебоев энергоснабжений это реле контроля фаз или механические стабилизаторы, но в таких условиях они не могут обеспечить надежность подключения. Одним из выходов в таких условиях является гибридное решение на основе частотного ИБП вместе с IGBT стабилизатором напряжения, специально адаптированном для работы чиллерных установок большой мощности.

Анализ состояния электросетей ЮФО и его влияние на работу чиллеров

Основные проблемы качества электроэнергии в регионе. В соответствии с ГОСТ Р 54130-2010 «Качество электрической энергии. Термины и определения» [1], параметры электрической энергии должны соответствовать установленным нормам. Однако практика эксплуатации показывает, что в ЮФО регулярно наблюдаются следующие отклонения:

1. Глубокие просадки напряжения. При пиковых нагрузках в летний период напряжение на линиях 0,4 кВ может снижаться со 380 В до 160–180 В, что объясняется перегрузкой трансформаторных подстанций и недостаточной пропускной способностью кабельных линий [3].

2. Импульсные перенапряжения. ЮФО относится к регионам с высокой грозовой активностью (до 90 грозовых дней в году). [5]. Даже удалённый разряд молнии способен вызвать импульсное перенапряжение, достаточное для выхода из строя чувствительного электронного оборудования чиллера.

3. Обрыв нулевого провода. Типичная проблема старых трансформаторных подстанций в сельских и пригородных зонах, где часто устанавливаются мощные полугерметичные компрессоры.

Специфические риски для чиллерного оборудования. Для винтовых и центробежных компрессоров чиллерных установок большой мощности последствия частого нестабильного электроснабжения особенно критичны. При скачках напряжения в системе может прекратиться циркуляция масла, также происходит перегрев обмоток статора электродвигателя, а в картере компрессора наблюдается вскипание хладагента. После нормализации питания компрессор пытается запуститься с нескомпенсированным давлением, что чревато гидравлическим ударом или выходом из строя клапанно-поршневой группы. Большая часть современных чиллеров в свою очередь имеют встроенную защиту от перенапряжений и пониженного напряжения, но она срабатывает только при выходе параметров за допустимые пределы и никак не предотвращает механических повреждений оборудования системы [4].

Анализ существующих решений и их недостатков

Сегодня на рынке представлены разнообразные устройства стабилизации напряжения, но далеко не все они применимы для чиллеров большой мощности. Те же релейные стабилизаторы обеспечивают быструю коррекцию напряжения, но создают помехи и искажения, что может привести к выходу из строя электронных блоков управления. У электромеханических стабилизаторов низкое быстродействие, что не позволяет защититься от импульсивных перенапряжений [6]. ИБП использующиеся для серверного или телекоммуникационного оборудования, не смогут работать с индуктивной нагрузкой чиллеров высокой мощности, они не выдерживают пусковых токов компрессоров. Для чиллера мощностью 500 кВт пусковой ток достигает около 1200 А, а номинальный рабочий ток составляет 100–150 А. Типовой ИБП при таких бросках тока перейдёт в режим байпаса или попросту выйдет из строя. Кроме того, следует учитывать, что для стандартных холодильников мощность стабилизатора обычно достаточна в диапазоне 500–1000 ВА, что несопоставимо с требованиями промышленных чиллерных установок.

Предлагаемое технологическое решение

Гибридный каскад «стабилизатор и частотный ИБП». На основе этих данных, мы предлагаем двухступенчатую степень защиты. Первая ступень – это полупроводниковый стабилизатор напряжения. В отличие от тех же релейных моделей, полупроводниковые стабилизаторы используют мощные электронные ключи для переключений обмоток трансформатора за 5–20 миллисекунд без образования каких-либо искр и щелчков. Такие стабилизаторы отлично подходят для эффективной для защиты чиллеров высокой мощности. На входе каскада ставится стабилизатор мощностью, соответствующей номиналу чиллера, который «грубо» приводит входное напряжение к диапазону 360–400 В. Вторая ступень – частотный источник бесперебойного питания. Основное отличие частотного ИБП – это работа в режиме двойного преобразования с возможностью регулирования выходной частоты. В режиме преобразователя частоты ИБП способен преобразовывать частоту входного источника в другую частоту на выходе, что позволяет обеспечить плавный пуск компрессора. Технически это реализуется через подключение накопителя энергии к звену постоянного тока преобразователя частоты.

Алгоритм работы в аномальных режимах. Проведённые испытания показали следующие результаты:

- Аномалия сети Реакция гибридной системы Состояние чиллера
- Просадка до 160 В длительностью 1,5 с Стабилизатор удерживает выходное напряжение, АКБ ИБП компенсируют дефицит Нормальная работа
- Импульсное перенапряжение 440 В (гроза) УЗИП + стабилизатор срезают пик, ИБП обеспечивает гальваническую развязку без повреждений
- Обрыв нулевого провода Трансформаторная гальваническая развязка в звене постоянного тока ИБП Отсутствие ущерба
- Полное отключение сети (1–2 с) «Холодный старт» от АКБ, частота вращения компрессора сохраняется Бесперебойная работа

Дополнительные меры защиты. Для полной комплексной защиты оборудования необходимо применение устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), которое

устанавливается в вводном щите и предотвращает повреждение электроники при грозовых разрядах.

Экономическое обоснование и практические рекомендации

Расчёт экономической эффективности. Затраты на приобретение и монтаж такой гибридной системы защиты для чиллера мощностью 500–800 кВт составляет ориентировочно 2–2,5 млн руб. Для сравнения стоимость капитального ремонта винтового компрессора после аварии составляет от 1,5 до 3,0 млн руб. А упущенная выгода от простоя чиллера большой мощности в летний период может достигать 500 тыс. руб. в сутки. Таким образом, срок окупаемости предлагаемого решения составляет не более одного сезона при условии возникновения одной или двух серьёзных аварий.

Практические рекомендации по монтажу. Для монтажа такой системы рекомендуется автоматических выключатель, для цепей с частотным ИБП необходимо использовать автоматы с характеристикой «D» (10–20 кратный запас по току срабатывания), поскольку при заряде аккумуляторных батарей потребляемый ток может на 30 % превышать номинальный ток компрессора. Не стоит забывать про температурный режим. Срок службы электролитических конденсаторов, применяемых в частотных ИБП, при нормальной температуре (25°С) составляет 5–7 лет, однако при эксплуатации в условиях повышенных температур срок сокращается в 2–3 раза. Частотных ИБП необходимо размещать в отдельном вентилируемом шкафу с собственной системой охлаждения. Также согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ), для электроустановок напряжением 380В заземление является обязательным. В условиях песчаных и глинистых почв сопротивление контура заземления должно быть не выше 4 Ом. Необходимо повторно заземлить нейтраль на входе в чиллерную установку.

Заключение

Низкое качество электрической энергии (просадки напряжения, импульсные перенапряжения или обрывы нейтрали) создаёт повышенные риски для эксплуатации чиллерных установок большой мощности. Традиционные методы защиты не могут обеспечить необходимый уровень надёжности и в некоторых случаях сами могут быть источником проблем. Предлагаемый полупроводниковый стабилизатор напряжения вместе с частотным ИБП с двойным преобразованием позволяет эффективно защитить чиллеры большой мощности при всех типовых аномалиях сети, а также обеспечить плавный пуск компрессора с существенным снижением пусковых токов. Рекомендуется включать требования по установке гибридной системы защиты в технические задания на проектирование новых чиллерных установок, а также при модернизации существующих объектов на территории ЮФО.

Список литературы

1. ГОСТ Р 54130–2010. Качество электрической энергии. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2012.

2. Иванова А.А. Проблема энергодефицита как одна из актуальных проблем социально-экономического развития региона (на примере Краснодарского края) // Научные записки молодых исследователей. 2019.Т. 7. № 5. С. 5-13.

3. Климат и проблемы регулирования пикового графика электрических нагрузок / Балтян В.Н. [и др.] // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2018. № 4 (200). С 30-34.

4. Тарасова В.А., Харлампиди Д.Х., Харлампиди Х.Э. Оценка термодинамического совершенства современных чиллеров и тепловых насосов при работе в режиме с неполной нагрузкой // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 19. С 125-129

5. Юшкин В.Ю. Распределение гроз на территории Южного федерального округа // Наука и современность. 2010. № 4. С. 76-80.

6. Якименко И., Каршибоев Ш., Муртазин Э. Современные стабилизаторы напряжения: технологии и перспективы // Экономика и социум. 2024. № 1 С. 1606-1611.

Трутнев А.К.
студент
Научный руководитель: ***Визгалов С.В.***
к.т.н., доцент,
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Россия, Казань
VizgalovSV@corp.knrtu.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫХЛОПА СУХОГО КРИОРЕФРИЖЕРАТОРА ГИФФОРДА – МАК МАГОНА

Аннотация. Рассмотрен процесс расширения выхлопом, на основе зависимостей, полученных А.М. Ибраевым применительно к газовой криогенной машине (криорефрижератору) Гиффорда – Мак Магона, работающей на газообразном гелии. Получены графики зависимости изменения температуры и давления в рабочей полости криорефрижератора для рабочего диапазона давлений.

Ключевые слова: выхлоп; криорефрижератор Гиффорда – Мак Магона; изменение температуры; изменение давления.

Сухие криорефрижераторы (криокулеры) Гиффодра – МакМагона фирмы Cryomech [1] нашли широкое применение в физических учебных и научных, а также медицинских лабораториях для достижения азотного (≈77,3К) и гелиевого уровня (≈4,2К) температур и получения данных криопродуктов в жидком состоянии. Это полностью автоматизированные, компактные, надежные и эффективные установки малой и средней производительности рабочим веществом которых является газообразный гелий, а основным холодопроизводящим процессом – процесс расширения выхлопом.

Необходимо отметить, что процесс выхлопа недостаточно полно освещен в отечественной и зарубежной литературе. В недавно вышедшей в связи с этим работе А.М. Ибраева [2], посвященной расчетно-теоретическому исследованию процесса выхлопа из постоянного объема, в академической постановке, были получены дифференциальные уравнения для изменения температуры и давления в камере, а также для зависимости для интегрального теплового эффекта выхлопа, несколько отличающеюся от работы [4]. На основе анализа предложена двухстадийная модель расширения газа выхлопом, в объеме самой камеры, а также в выходной линии, расчеты по которой показали, что интегральный эффект адиабатного процесса расширения выхлопом для каждой порции газа равен интегральному эффекту изоэнтропного процесса расширения с совершением внешней работы. И также сделан второй вывод, что сопротивление выходного отверстия и в целом всей линии выхода из объема камеры влияет только на продолжительность процесса, но не на конечную температуру газа.

Далее, тем же коллективом авторов в работе [3], проведено математическое моделирование совместной работы цилиндра, из которого происходит выхлоп газа и теплообменника нагрузки, определены зависимости холодопроизводительности системы, в частности, от соотношения объемов их полостей. Модель построена по типу моделирования контрольных объемов, на базе уравнений термодинамики тела переменной массы. Все расчеты выполнены для сухого воздуха при начальной его температуре, равной температуре окружающей среды ($T_н$=293К). Необходимо произвести расчеты для газообразного гелия при параметрах, приближенных к криорефрижератору Cryomech.

В соответствии с монографией [5] криорефрижератор фирмы Cryomech представляют собой криогенную машину с независимым источником сжатого газа и газовым приводом вытеснителя. Схема основной части криорефрижератора – охлаждающей головки показана на рис. 1. Она состоит из цилиндра 1, в котором перемещается вытеснитель 2 с помещенной в него насадкой регенератора. Цилиндр и вытеснитель имеют в верхней части переход диаметра, благодаря которому образуются три полости: холодная Х, горячая Г и промежуточная Пр. Особенностью конструкции вытеснителя является то, что он представляет собой полый цилиндр, заполненный гранулами насадки регенератора. Рабочее газообразное вещество – ге-

лий, при движении вытеснителя, проходит непосредственно через его полость, осуществляя теплообмен с насадкой регенератора и нагреваясь или охлаждаясь при этом. Таким образом регенератор встроен непосредственно в вытеснитель. Движение вытеснителя осуществляется за счет периодического изменения давлений в полостях Г и Пр, возникающее благодаря вращению золотника 3 над верхним торцом цилиндра и специально сделанных определенным образом каналов в золотнике и верхнем торце цилиндра.

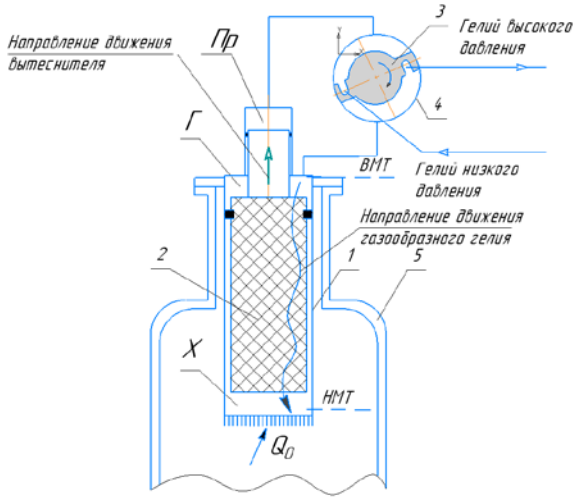


Рис. 1. Схема охлаждающей головки криокулера Cryomech

Опираясь на методику и уравнения работы [1] проведены расчеты процесса выхлопа гелия для камеры криокулера Гиффодра – Мак Магона, работающего в составе установки ожижения азота, при параметрах близких к реальным рабочим значениям по давлениям. Начальное давление гелия принималось 2,4 МПа, конечное 0,4МПа, конечная температура 76,6 К, объем камеры 1,0 дм^3. При этом получено значение температуры гелия в начале выхлопа равное 158,15 К, что должно быть обеспечено встроенным в вытеснитель теплообменником – регенератором. Сопротивление слоя насадки не учитывалось.

Получены графики изменения температуры и давления гелия в камере от времени процесса (рис. 2). Интегральный эффект процесса выхлопа не зависит от времени процесса и составляет $\Delta T_в$=81,55К. При этом интегральный эффект изоэнтропного расширения ΔT_S составляет ту же величину.

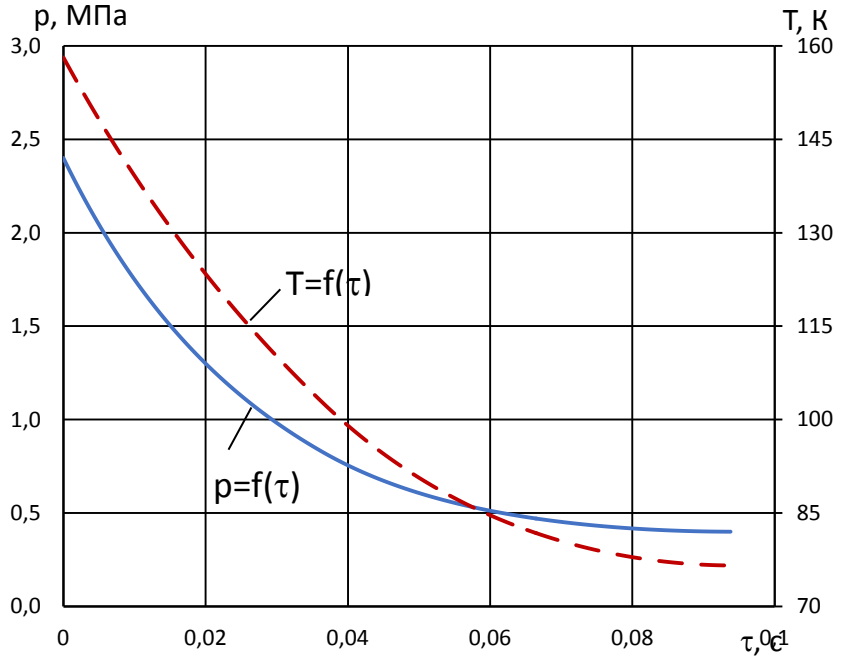


Рис. 2. Изменение давления и температуры гелия в процессе выхлопа

Учет сопротивления насадки в целом не должно существенно изменить величину достигаемого эффекта понижения температуры и будет способствовать увеличению времени процесса, что положительно скажется на восприятии полезной тепловой нагрузки гелием.

Список литературы

1. Электронный ресурс https://cryomech.ru/products.html.
2. Ибраев, А.М., Хамидуллин, М.С., Хисамеев, И.Г. Анализ процессов адиабатного расширения газа / Компрессорная техника и пневматика. – 2024, том 33, № 4, с. 4-9.
3. Ибраев, А.М., Хамидуллин, М.С., Хисамеев, И.Г. Анализ холодопроизводительности процесса выхлопа газа / Компрессорная техника и пневматика. – 2025, том 35, № 2, с. 15-22.
4. Архаров А.М., Марфенина И. В., Микулин Е.И. Теория и расчёт криогенных систем: Учебник для вузов по специальности «Криогенная техника». М.: Изд-во Машиностроение, 1978. – 415с., ил.
5. Криогенные машины: Учебник для вузов / Новотельнов В.Н., Суслов А.Д., Полтараус В.Б. – СПб.: Политехника, 1991. – 335 с., ил.

Калачева В.Р.
студент,
victoriyakalacheva@gmail.com
Научный руководитель: ***Громовых П.С.***
к.х.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ САДОНСКОГО СВИНЦОВО-ЦИНКОВОГО КОМБИНАТА

Аннотация. Актуальность работы связана с объёмами отходов, содержащих ценные компоненты, и отсутствием технологии их переработки. Рассмотрены особенности утилизации хвостов Садонского свинцово-цинкового комбината. Технология выбрана на основе анализа НДТ переработки свинцово-цинковых руд, совмещающих механические и массообменные процессы. Приведены результаты гранулометрического и рентгенофазового анализа проб хвостов Унальского хвостохранилища. Показано, что предварительное измельчение даёт механоактивированный материал, повышающий эффективность переработки. Основной компонент отходов – диоксид кремния.

Ключевые слова: хвостохранилища, свинцово-цинковые руды, утилизация отходов, механическая активация, комплексная переработка, извлечение металлов, экологическая безопасность.

Введение

В настоящее время в горнорудной промышленности наблюдается сокращение разведанных запасов различных типов руд при одновременном росте объемов их первичной добычи. По существующим технологиям переработки из минерального сырья в начале цикла извлекается 90–95 % ценных компонентов. Образующиеся отходы (хвосты) складируются в специальных хранилищах – хвостохранилищах. Переработка хвостов осуществляется на флотационных обогатительных фабриках. При этом потери металлов с отходами переработки полиметаллических руд в среднем составляют: свинца 7–11 %, цинка 6–14 %, меди 5–7 %, серебра 23–27 %, золота 52–68 %. Величина потерь благородных металлов также зависит от полноты извлечения цветных металлов и железа.

Ежегодно в мире образуется в среднем 25 млрд тонн минеральных отходов, при этом на долю России приходится около 7 млрд тонн (28–40 %).

Проведенный анализ отходов Садонского свинцово-цинкового комбината показал значительные запасы ценных компонентов: свинца – 5450 тонн, цинка – 8320 тонн, меди – 2600 тонн, титана – 4680 тонн, железа – 161 тыс. тонн, марганца – 4160 тонн. Разработка комплексной технологии переработки подобных отходов позволит не только извлекать ценные металлы, но и существенно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду [3].

Методология и методы исследования

Известно, что промышленные отходы, содержащие тяжелые металлы, являются опасными источниками загрязнения окружающей среды. За длительное время хранения отходов происходит физико-химическая трансформация их свойств, изменяется минерально-геохимический состав, сопровождающийся образованием разнообразных типов соединений. Образующиеся соединения обладают высокой миграционной способностью и проникают в атмосферу, почву и водные ресурсы. В связи с этим возникает проблема не только безопасного и экологически чистого складирования отходов, но и поиска технологий их полной утилизации. Такая технология должна обеспечивать предварительное извлечение из отходов как экономически ценных, так и экологически опасных металлов. Выбор оптимальной технологии переработки хвостохранилищ позволит получить экологически чистое сырье для производства различных материалов и снизить нагрузку на окружающую среду. Утилизация материалов хвостохранилищ также позволит эффективнее использовать недра, сохранять земельные участки и экономить средства, расходуемые на содержание хранилищ.

В настоящее время при переработке отходов ГОК и ГМК используются следующие технологии:

1. Методы прямой переработки хвостов свинцово-цинковых руд.
2. Комбинированные методы переработки свинцово-цинковых руд с применением обжига.
3. Гидрометаллургический метод переработки свинцово-цинковых руд (СЦР).

В результате анализа наилучших доступных технологий (НДТ) производства свинца, цинка и кадмия для переработки отходов была выбрана комплексная технология с использованием совмещенных механических и массообменных процессов [2]. Ниже приведена схема НДТ для получения в качестве целевых продуктов соединений ZnO, Pb, Ag, Cu, Cd, Co, Ni, Ti (рис. 1) [1].

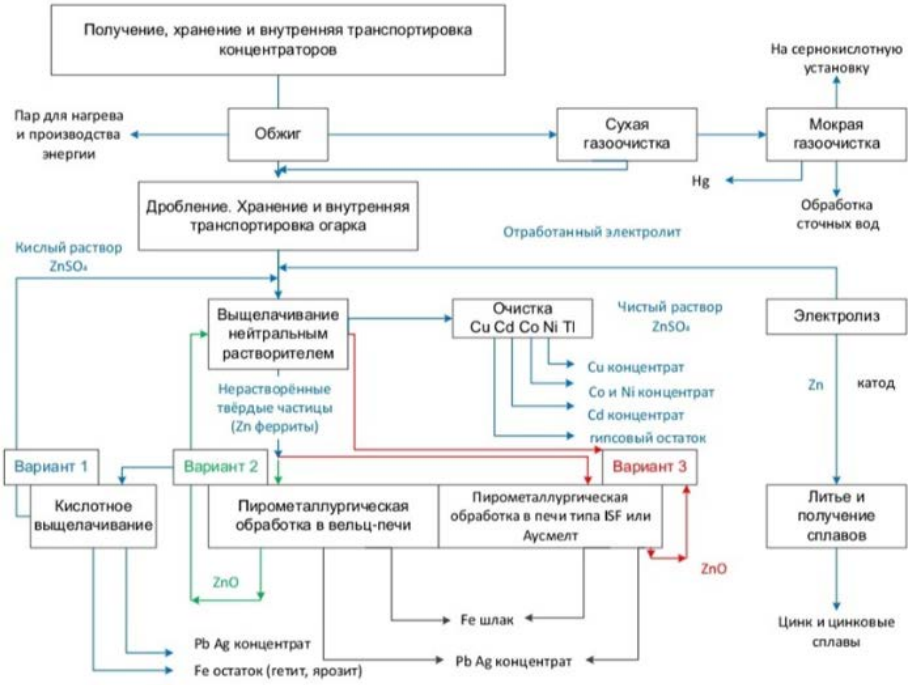


Рис. 1. Блок-схема получения целевых продуктов из рудного концентрата первичного сырья

Результаты и обсуждения

Чтобы повысить эффективность выщелачивания, материал предварительно активируют механическим способом. Его измельчают в шаровой мельнице или дезинтеграторе, что позволяет получить высокодисперсные порошки с большой удельной поверхностью. Фракции готового продукта имеют размер от 20 до 200 мкм. Результаты анализа изменения гранулометрического состава приведены на рис. 2.

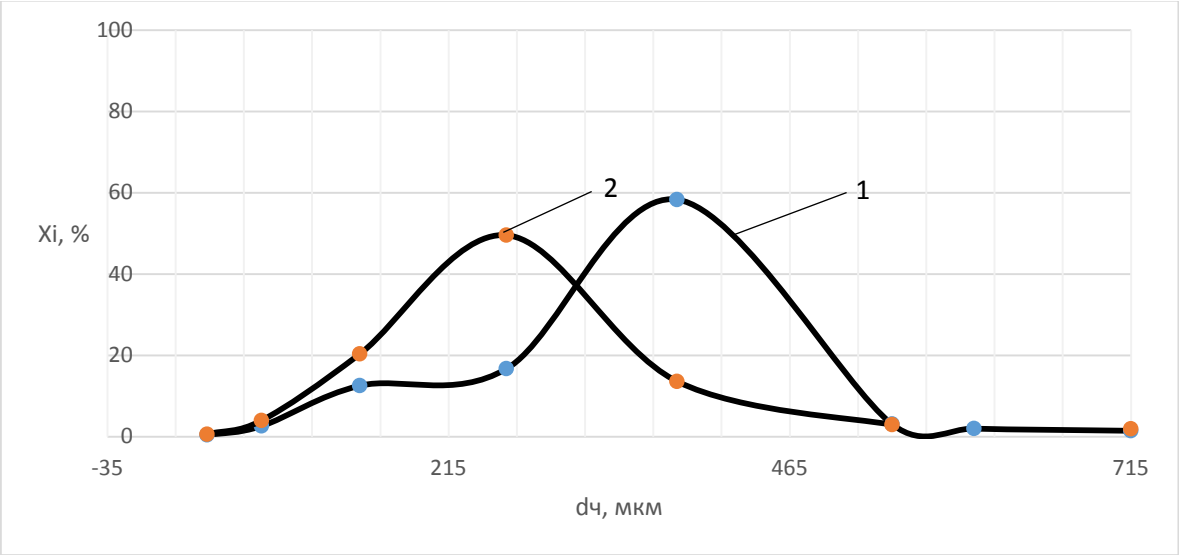


Рис. 2. Дифференциальные кривые распределения частиц по размерам отходов Унальского хвостохранилища:
1 – скважина № 1; 2 – скважина № 2

Из полученных результатов видно, что диаметры частиц после помола изменяются в диапазоне от 215 до 465 мкм. На рис. 3 и 4 приведен рентгенофазовый анализ исходных отдыхов. изменения гранулометрического состава приведены на рис. 2.

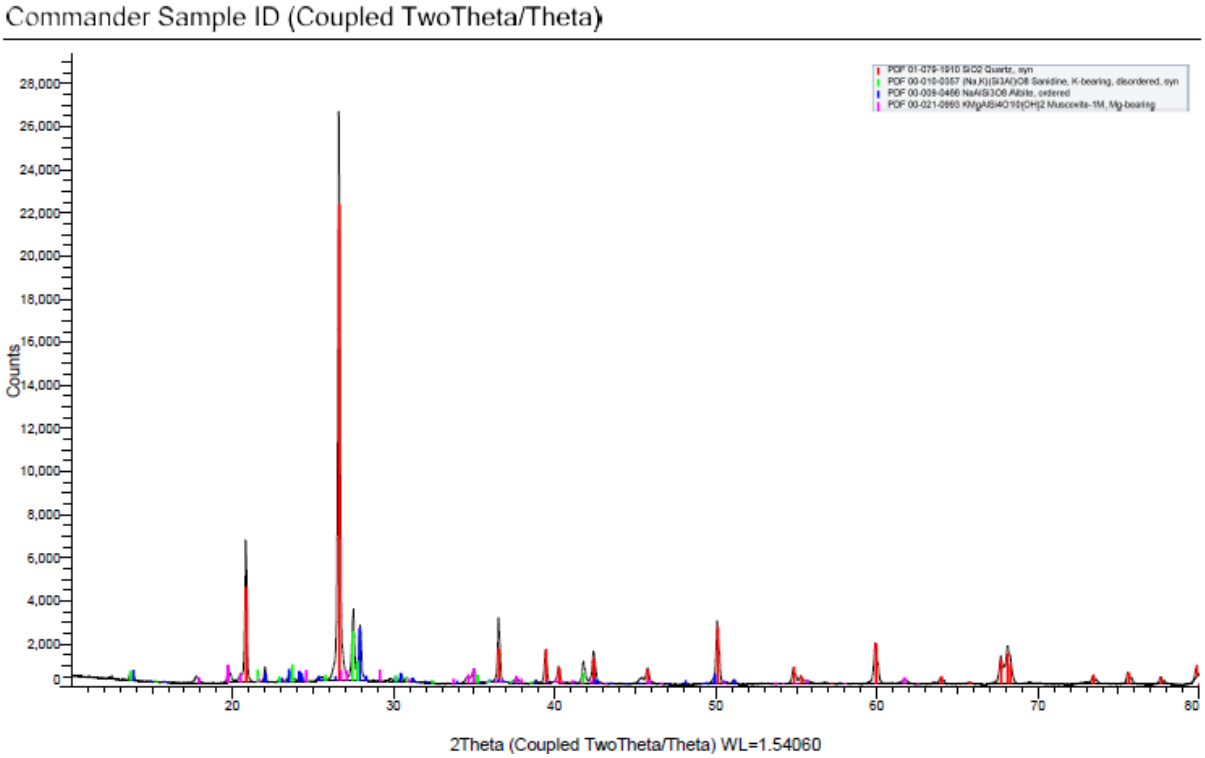


Рис. 3. Дифрактограмма рентгенофазового анализа состава исходной хвостов (скважина № 1)

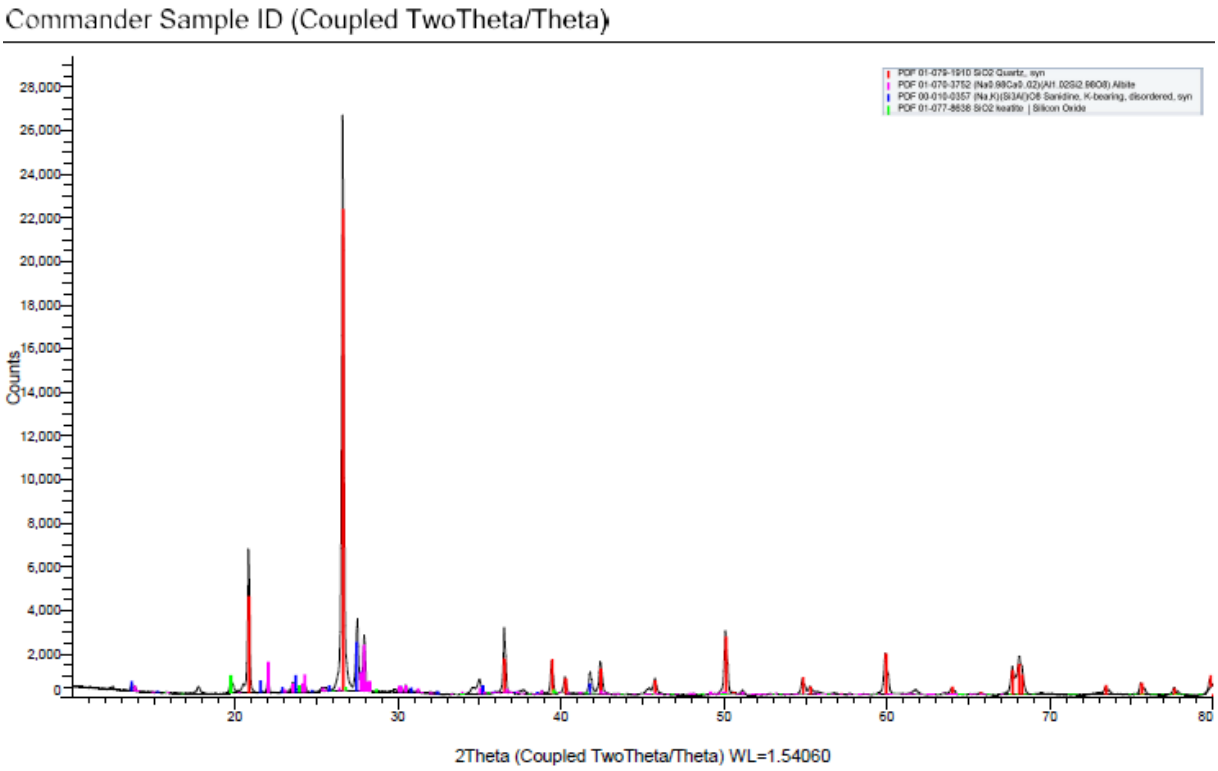


Рис. 4. Дифрактограмма рентгенофазового анализа состава исходной хвостов (скважина № 2)

На рис. 3 и 4 пики выражают количество содержания SiO_2.

Выводы

Проведенные исследования подтверждают наличие значительных запасов ценных компонентов в хвостах Садонского свинцово-цинкового комбината, что делает их перспективным техногенным сырьем для извлечения свинца, цинка, меди, титана, железа, марганца и сопутствующих металлов. Применение механической активации (измельчения в шаровой мельнице или дезинтеграторе) обеспечивает получение частиц размером 20–465 мкм с увеличением удельной поверхности, что является необходимым условием для гидрометаллургических процессов выщелачивания. Рентгенофазовый анализ отходов из скважин Унальского хвостохранилища показал, что основный минеральным сырьём является диоксид кремния (SiO_2). Комплексная технология, основанная на совмещенных механических и массообменных процессах и соответствующая наилучшим доступным технологиям (НДТ), позволяет не только извлекать целевые продукты (ZnO, Pb, Ag, Cu, Cd, Co, Ni, Ti), но и решать задачи экологической реабилитации территорий за счет утилизации хвостохранилищ.

Список литературы

1. Бюро НДТ. ИТС 13 – 2020 Производство свинца, цинка и кадмия. Москва, с. 258.
2. Назаров В. И. Техника и технология совмещенных процессов переработки твердых отходов: учебное пособие/В.И. Назоров, Р.А. Санду, Д.А. Макаренков, Н.Е. Николайкина – Москва: ИНФРА-М, 2020. -456 с. – (Высшее образование: Бакалавриат).
3. Рыльникова М.В., Радченко Д.Н., Цупкина М. В. Оценка влияния гипергенеза в хранилищах отходов переработки медно-колчеданных руд на выбор технологических схем их разработки //Изв. ТулГУ. Науки о Земле. 2023. Вып. 2. С. 283-299.

Чикалова А.А., Игноватова А.О., Новиков В.А.
студенты,
ignovatovalelya@yandex.ru
Научные руководители: ***Гречухина М.С.***
к.т.н., доцент
Деморецкий Д.А.
д.т.н., профессор,
Самарский государственный технический университет,
Россия, Самара

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОГО ЭЛЕМЕНТА СОСТАВА AL-WC МЕТОДОМ ВСЕСТОРОННЕГО ОБЖАТИЯ

Аннотация. В статье рассмотрен метод всестороннего обжатия для изготовления изделия из металломатричного материала Al-WC. Изготовлен образец износостойкого элемента. Проведен качественный и элементный анализ уплотненной металлической композиции. Установлено, что в процессе всестороннего обжатия частицы материалов претерпевают пластичную деформацию, формируя слоистую структуру. Выявленная морфология подтверждает перспективность применения металлопорошковой смеси Al-WC в узлах механизмов с большими значениями нагрузки.

Ключевые слова: порошковая металлургия, алюминиевые композиции, всестороннее обжатие, элементный анализ, морфология.

Введение

Прогрессивное развитие современной промышленности требует постоянного поиска новых и совершенствования существующих технологий обработки материалов для получения изделий с улучшенными эксплуатационными свойствами. Порошковая металлургия выступает как одно из наиболее перспективных направлений, так как позволяет изготавливать изделия с заданными физико-механическими характеристиками.

Определяющим фактором качества и долговечности таких изделий является технология формирования внутренней структуры.

Метод всестороннего обжатия, который отличается от других способов высокой производительностью и технологической простотой, является одним из перспективных методов изготовления изделий в металлургии. Возникающие в процессе сдвиговые напряжения в материале позволяют получить структуры с высокими показателями плотности и однородности [4].

В качестве новых материалов для изделий порошковой металлургии наиболее востребованными являются металломатричные композиты, которые могут сочетать в себе высокую пластичность легких сплавов и твердость тугоплавких компонентов. Таким образом возможно повысить износостойкость, эрозионную стойкость, обеспечить стабильность геометрии при термических и механических нагрузках, что актуально и востребовано для изделий, которые работают в условиях повышенного трения и высоких механических напряжений [2].

Применение технологии всестороннего обжатия для данного вида смесей позволит добиться однородности и плотности, недостижимых при применении других методов [4].

Целью работы является получение износостойкого металломатричного элемента из композиционной смеси «алюминий-карбид вольфрама» методом всестороннего обжатия и подтверждение эффективности данной технологии.

Методика

Экспериментальная часть работы была направлена на получение металломатричного изделия методом всестороннего обжатия.

В ходе анализа технологических решений было выявлено, что для создания износостойких элементов наиболее подходящими являются интерметаллидные композиции на основе алюминия, поскольку в металлургии Al является одним из самых наиболее часто применяемых металлов. В качестве рабочей основы была выбрана система «алюминий-карбид

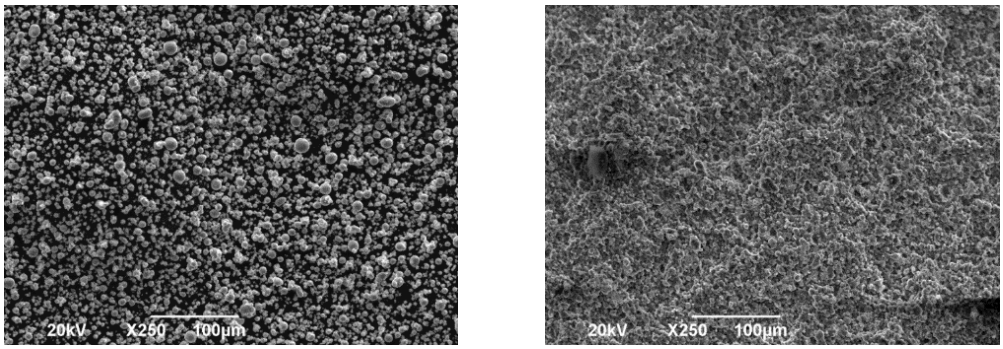
вольфрама». Алюминий обеспечивает легкость, коррозионную стойкость и высокую теплопроводность. Добавление частиц WC формирует «каркас» жесткости, что позволяет повысить износостойкость и сопротивление механическому воздействию готового изделия.

На основе полученных данных был изготовлен образец. Технология формирования заключалась во всестороннем обжатии заполненной композитным материалом заготовки на специальном оборудовании. Физический смысл данного метода в создании сложного напряженного состояния материала, при котором в нем возникают значительные сдвиговые деформации.

Результаты

В результате процесса был получен металлический элемент, представляющий собой технологическую оболочку, заполненную уплотненной интерметаллидной смесью Al-WC [1]. Для выявления фактора однородности порошковой системы было произведено микроскопическое исследование. В данном случае целесообразно применить качественный анализ [3], ввиду возможности выявления параметров частиц, а также определения монолитности металлического композита.

Качественный анализ позволил изучить состояние структуры до и после всестороннего обжатия композиционной смеси. Сравнительный анализ изображений (рис. 1) показал качественные изменения структуры. В исходном состоянии (рис. 1 (а)) частицы компонентов располагались в хаотичном порядке, прослеживались выраженные пустоты, которые нивелируются после обжатия. Механическое воздействие способствовало деформации частиц и их плотной упаковке в материале. В результате получена однородная структура с высокой плотностью.



а) *б)*

Рис. 1. Структурный анализ композиционного материала:
а – исходное состояние материала; б – состояние материала после воздействия всесторонним обжатием

Поскольку изготавливаемый элемент планируется использовать в качестве износостойкого компонента, необходимо исследовать композицию с помощью элементного анализа [3, 5], в результате которого будет выявлено состояние структуры конечного изделия.

На рис. 2 представлен рентгенофазовый анализ исходной смеси и изготовленного элемента.

Исходное состояние композиционного материала (рис. 2 (а)) характеризуется высокой интенсивностью пиков алюминия, что говорит о его крупнокристаллической структуре, а также низкоинтенсивными пиками карбида вольфрама, которые характеризуют его малую удельную поверхность частиц.

После всестороннего обжатия (рис. 2 (б)) видно увеличение интенсивности пиков, это свидетельствует о том, что под действием сдвиговых напряжений частицы алюминия и графита подвергаются пластической деформации, переходя в пластинчатую форму. Частицы вольфрама, обладающие высокой твердостью, сохраняют свою исходную кристаллическую структуру и равномерно распределяются в полученной слоистой структуре алюминий-графит, выполняя армирующую роль в полученном уплотненном материале.

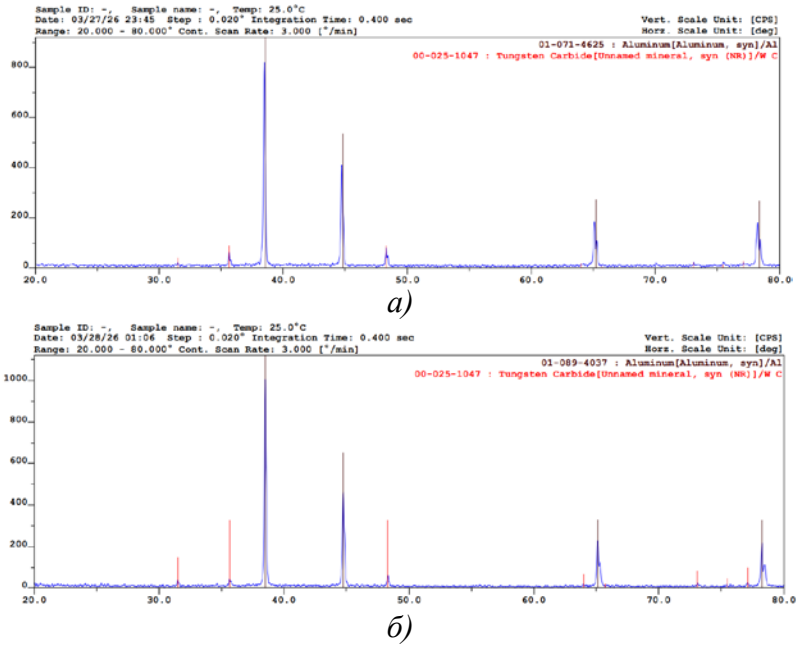


Рис. 2. Рентгенофазовый анализ композиционного материала: а – исходное состояние материала; б – состояние материала после воздействия всесторонним обжатием

Также отсутствие смещения пиков и появления новых фаз говорит о том, что компоненты не взаимодействуют между собой химически в процессе обработки всесторонним обжатием.

Выводы

В результате исследования композиционной системы «алюминий-карбид вольфрама» изготовлен металломатричный элемент. Метод всестороннего обжатия позволил получить монолитный композит из порошковой смеси.

Методами качественного и элементного анализа установлено формирование плотной структуры материала. Выявлено, что в процессе всестороннего обжатия частицы алюминия и графита претерпевают пластичную деформацию, формируя слоистую структуру, в которой равномерно распределены армирующие частицы вольфрама.

Полученная морфология обеспечивает стабильность физико-химических свойств полученного изделия и подтверждает его пригодность для использования в условиях высокого износа.

Список литературы

1. Попова, М. В. Интерметаллидные соединения / М. В. Попова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2005. – № 10-2 (48). – С. 165–168.

2. Резник, С. В. Высокотемпературные металломатричные композиционные материалы, армированные частицами и волокнами тугоплавких соединений / С. В. Резник [и др.] // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2017. – № 1. – С. 108–123.

3. Симаков, С. В. Применение методов аналитической микроскопии и рентгеноструктурного анализа для исследования структурно-фазового состояния многокомпонентных систем / С. В. Симаков [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-1. – С. 48–52.

4. Фомин, Н.И. Технологические процессы машиностроительного производства: учебное пособие / Н.И. Фомин, К.Г. Герасимович, Ю.А. Евтюшкин, И.А. Хворова // Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 105 с.

5. Эдельштейн, С. В. Качественный рентгенофазовый анализ: методические указания / С. В. Эдельштейн, А. А. Кашаев. – Иркутск: Издательство ИГУ, 2011. – 23 с.

Ежов Е.С., Чудаева А.Д.
студенты
Научный руководитель: ***Сидягин А.А.***
д.т.н., доцент,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Россия, Нижний Новгород
cdo@dpingtu.ru

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ПО ИЗУЧЕНИЮ РАБОТЫ ПЛОСКИХ ТЕПЛООБМЕННЫХ МОДУЛЕЙ

Аннотация. Разработка новых конструкций контактных устройств с встроенными теплообменными модулями определяет необходимость проведения исследований показателей их работы. На основе оценки наиболее известных моделирующих программ для CFX-анализа, выбран пакет для численного моделирования. Проработана схема установки для натурного эксперимента, подобрано оборудование и измерительные приборы. Сформулированы задачи численного моделирования и экспериментальных исследований.

Ключевые слова: теплообмен; тепломассообменное устройство; численное моделирование; экспериментальное исследование.

Введение

Известно, что большинство реакционных и массообменных процессов сопровождается тепловыми эффектами различной интенсивности [5]. Одно из стандартных решений обеспечения требуемых температурных условий в технологических установках – создание циркуляционных контуров с включением в их состав дополнительного насосного оборудования и выносных теплообменников. Альтернативный путь – создание технологических аппаратов с встроенными в структуру основной конструкции теплообменными модулями, работа которых обеспечивает поддержание температурных параметров непосредственно в зоне ведения реакционного или массообменного процесса.

Одним из научных направлений кафедры "Технологическое оборудование и транспортные системы" Дзержинского политехнического института НГТУ является разработка и исследование современных контактных устройств, включающих встроенные теплообменные модули. В настоящее время запатентован ряд конструкций [1, 2, 4], использующих модули, основу теплообменной поверхности которых составляют пластины прямоугольной формы, при стыковке которых образуются каналы для движения теплоносителя. В разных вариантах теплообменные модули могут занимать различное пространственное положение относительно друг друга и, несмотря на аналогичный принцип действия, каждая конкретная модификация аппарата требует проведения исследований, направленных на изучение интенсивности теплоотдачи в конкретных гидродинамических условиях.

Постановка задачи компьютерного моделирования

Для углублённого анализа и оптимизации тепловых процессов в настоящее время широко применяют сочетание компьютерного моделирования и экспериментальных исследований на лабораторных установках. Первое позволяет визуализировать и детально изучить траектории движения потоков, распределение полей температур, скоростей и давлений в каналах между пластинами, второе – получить данные для подтверждения результатов численного решения и установить величины подстроечных коэффициентов.

Одним из широко применяемых направлений компьютерного моделирования для изучения вопросов гидродинамики и теплоотдачи **является** метод конечных объемов (**FVM – Finite Volume Method**) – численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач гидродинамики.

При проведении инженерных анализов часто приходится использовать несколько программных продуктов, в том числе:

– CAD-пакеты для создания геометрической модели;

– программы, позволяющие генерировать конечно-элементную сетку и организовывающие задание граничных условий;

– решатель для визулизации результатов расчета.

К настоящему времени разработано достаточно большое количество **моделирующих продуктов для** CFX (**Computational Fluid eXchange) анализа**, таких как Ansys Fluent **/ CFX,** Siemens Simcenter STAR-CCM+, OpenFOAM, **COMSOL Multiphysics, Solid Works Flow Simulation,** Flow Vision, CADFlo, **Kompas Flow** и другие. Каждый продукт ориентирован на свою область исследований, имеет свою специфику организации работы, рассчитан на своего пользователя (уровень инженерной подготовки, владение математическим аппаратом, владение методами программирования и т.д.)

Проведен анализ наиболее известных пакетов моделирующих программ по ряду показателей:

– доступность и стоимость;

– архитектура и интеграция с другими программами;

– возможности для автоматизированной генерации сетки;

– сложность в освоении;

– производительность;

– уровень визуализации результатов.

Установлено, что для решения задачи моделирования потоков в теплообменных каналах по совокупности технических, экономических и организационных факторов, наиболее полно соответствует поставленным задачам отечественный продукт KompasFlow, входящий в состав САПР Компас-3D.

CAD-пакет, входящий в состав Компас-3D обеспечивает разработку 3-х мерной модели объекта, причем любое изменение конструкции (диаметр, высота, расположение штуцеров) автоматически актуализируется в расчетной модели. KompasFlow использует автоматический генератор адаптивной сетки, что избавляет пользователя от поиска специальных программ для этой цели. Расчеты выполняются непосредственно в интерфейсе КОМПАС-3D, логика которого ориентирована на конструктора [3].

Основные задачи, поставленные для численного моделирования плоских теплообменных модулей следующие:

– выяснить влияние расположения штуцеров, определяющее создание различных условий ввода теплоносителя в плоский теплообменный модуль, на гидравлические и тепловые показатели его работы;

– выяснить влияние геометрии модуля (соотношений высоты к ширине и к толщине модульного элемента) на гидравлические и тепловые показатели;

– выяснить влияние масштаба модулей (от 200 мм до 1 м высотой) на гидравлические и тепловые показатели.

Постановка задачи экспериментальных исследований

Подтверждение достоверности полученных результатов компьютерного моделирования возможно с помощью проведения экспериментальных исследований на лабораторной установке. Предварительная проработка схемы (см. рис.) установки и требуемого измерительного оборудования дала следующие результаты.

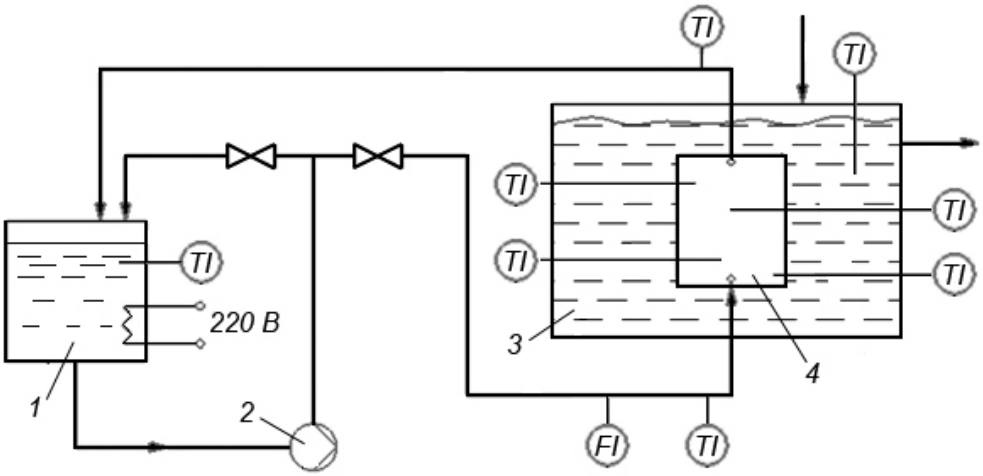


Рис. Схема установки для изучения показателей теплообменных модулей:
1 – накопительная емкость с термостатом; 2 – насос; 3 – ёмкость-бассейн;
4 – теплообменный модуль; TI – датчик контроля температуры; FI- расходомер

Основными компонентами установки являются:

– накопительная емкость *1* с термостатом, позволяющим установить конкретное значение температуры горячего теплоносителя. Емкость имеет цилиндрический корпус, внутри которого расположены трубчатые электронагреватели (ТЭНы). Для уменьшения тепловых потерь корпус покрыт изоляцией. Поддержание температуры внутри емкости обеспечивается реле-регулятором ОВЕН ТРМ501;

– насос *2*, который осуществляет транспортирование горячего теплоносителя, через исследуемый модуль. Используется вихревой насос ВИХРЬ ПН-650, который предназначен для перекачивания воды. Максимальная подача до 3,3м^3/ч, достижимый напор 45 м;

– емкость-бассейн прямоугольного сечения *3*, через которую циркулирует холодный теплоноситель и в которую погружается исследуемый модуль *4*;

– теплообменный модуль *4* состоящий из двух фронтальных пластин, через которые происходит перенос тепла. По периметру пластины расположена рамка с герметизирующими прокладками. Для измерения температуры снаружи на поверхности модуля на каждую пластину устанавливаются термосопротивления, закрепляемые в медных впаянных втулках. Снаружи втулки изолированы;

– для измерения температуры воды в емкостях *1* и *3* используются датчики термосопротивления, аналогичные тем, которые закреплены на теплообенных пластинах;

– для измерения расхода воды на установке используется прибор ИПРЭ-7Т. Погрешность измерения и преобразования, не выше 1 %.

Перечень основных контролируемых параметров приведен в таблице.

Таблица

Измеряемые показатели работы теплообменных модулей

Местоположение	**Измеряемый параметр**	
	Наименование	***Размерность***
Трубопровод подачи горячего теплоносителя на входе в модуль	Расход воды	м^3/ч
	Температура воды	$^\circ$С
Трубопровод отвода горячего теплоносителя на выходе из модуля	Температура воды	$^\circ$С
Трубопровод подачи холодного теплоносителя на входе в емкость-бассейн	Температура воды	$^\circ$С
Накопительная емкость	Температура воды, управление термостатом	$^\circ$С
Теплообменный модуль	Температура стенки	$^\circ$С
Емкость-бассейн	Температура воды	$^\circ$С

Установка работает следующим образом: теплоноситель нагревается в емкости с термостатом *1* до заданной температуры и насосом *2* подается в исследуемое устройство *4*. Расход горячего теплоносителя контролируется с помощью расходомера (*FI*). Подача холодной воды в емкость-бассейн *3* для охлаждения модуля осуществляется из водопроводной сети. В процессе теплопередачи от горячего теплоносителя через стенку теплообменного модуля к холодному контролируются температуры: на входе теплоносителя в модуль, на выходе из него и на поверхности стенок модуля. Управление работой установки производится вручную. Результаты измерений выводятся на компьютер.

Экспериментальные исследования предусматривают несколько серий испытаний, выполненных при соизмеримых значениях расходов теплоносителей для обеспечения воспроизводимости результатов.

Обработка полученных результатов измерений позволит получить массив данных для сопоставления с результатами численного моделирования.

Выводы

В результате проведенной работы сформулированы задачи исследования работы теплообменных модулей, являющихся ключевым конструктивным элементом тепломассообменных устройств [1, 2, 4], разработанных для проведения теплонапряженных процессов.

Проведен анализ пакетов программ для проведения вычислительного эксперимента с использованием методов CFX-анализа. Установлено, что наиболее подходящим программным продуктом для решения поставленных задач является пакет KompasFlow. Сформулированы задачи для численного моделирования плоских теплообменных модулей.

Разработана принципиальная схема, подобрано оборудование и приборная база для проведения натурного эксперимента для получения массива данных для сопоставления с результатами численного моделирования.

Список литературы

1. Бухаров Д.М., Степыкин А.В., Сидягин А.А. Тепломассообменное устройство, Патент на изобретение RU 2806946 C1, 08.11.2023

2. Сидягин А.А., БухаровД.М., Степыкин А.В. и др. Тепломассообменное устройство с завихрителем, Патент на изобретение RU 2847848 C1, 15.10.2025.

3. Система гидродинамического и термодинамического экспресс-анализа для КОМПАС-3D.URL: https://kompas.ru/kompas-3d/about/ (дата обращения: 13.04.2026)

4. Степыкин А.В., Сидягин А.А. Тепломассообменное устройство, Патент на полезную модель RU 141498 U1, 10.06.2014.

5. Ульянов В.М., Сидягин А.А. Машины и аппараты предприятий основной химии. Оборудование для тепловых, массообменных и химических процессов: учеб. пособие для вузов // НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Н.Новгород, 2019. – 360 с.

Скрыпников И.М.
студент,
logo.skrypnikov@yandex.ru
Научный руководитель: ***Белуков С.В.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

МОДЕРНИЗАЦИЯ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВОДОРОДНЫХ КРИОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Аннотация. Для обеспечения дальнейшего развития водородной энергетики и расширения применения водородных технологий в химической и нефтегазовой отраслях промышленности необходимо решение комплекса задач, охватывающих производство, очистку, ком-

примирование и ожижение водорода. В рамках данной работы предложена модифицированная аппаратурно-технологическая схема водородного криогенного комплекса, отличающаяся включением в ее состав дополнительных функциональных блоков, направленных на повышение эффективности ключевых переделов обращения с водородом.

Ключевые слова: модернизация, ожижение водорода, водородный криогенный комплекс, водородная энергетика.

Для дальнейшего развития водородной энергетики и использования водорода и водородных технологий в химической и нефтегазовой промышленности необходимо решить ряд задачи, связанных с производством, очисткой, компримирования и ожжижением водорода. В связи с этим была модернизирована аппаратурно-технологическая схема водородного криогенного комплекса с добавлением новых блоков. На рисунке представлена модернизированная аппаратурно-технологическая схема водородного криогенного комплекса. Блок 1 и 2 в данной схеме не представлены и требуют отельной проработки. Но на данный момент, водород в водородном криогенном комплексе будет производиться из природного газа, и 2 первых блока будут отданы под размещение технологий производства водорода.

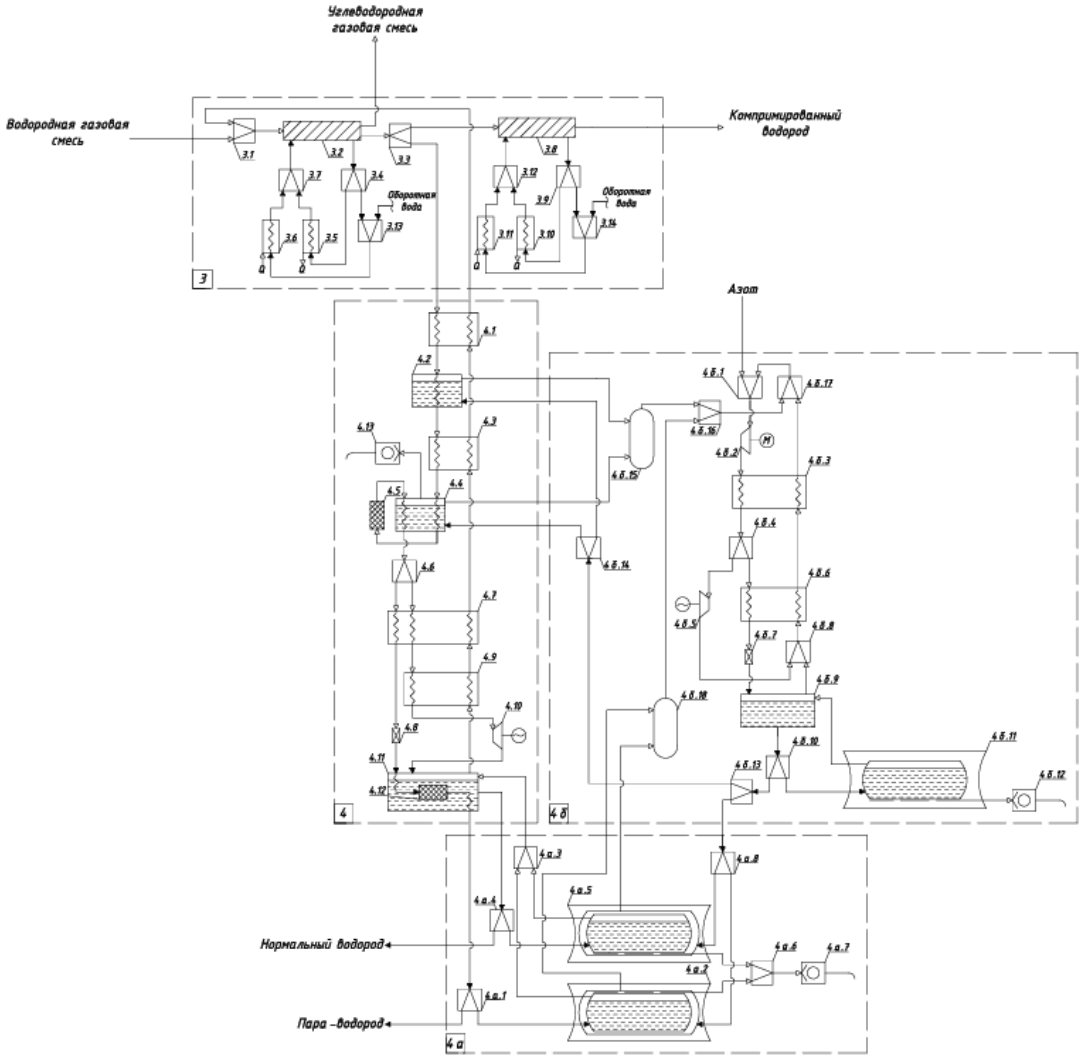


Рис. Модернизированная аппаратурно-технологическая схема водородного криогенного комплекса

Вместо традиционных систем очистки и компримирования водорода, а именно системы короткоцикловой адсорбции (КЦА) с клапанным оборудованием и механических водородных компрессоров, был внедрен металлогидридный компрессор [1]. В ходе модернизации водородного криогенного комплекса, металлогидридный компрессор был конструктивно пе-

ренесен в отдельный блок. В зависимости от потребности, водородный криогенный комплекс может работать в режимах производства ожиженного водорода или газообразного компримированного баллона, именно для создания гибкости системы, металлогидридный компрессор исполнен в отельном блоке – блок выделения водорода 3.

Блок выделения водорода состоит из двухступенчатого металлогидридного компрессора и двух систем обеспечения оборотной воды, для функционирования процесса абсорбции и десорбции водорода. Для производства ожиженного водорода, работает только первая ступень металлогидридного компрессора, которая одновременного выделяет водород из водородной газовой смеси и компримирует его до 5 МПа. В случае если надо производить газообразный высокой чистоты водород и компримированный до 15-16 Мпа [2], подключается вторая ступень металлогидридного компрессора. В ходе абсорбции водорода в реакторах металлогидридного компрессора остается углеводородная газовая смесь, состоящая из различных углеводородов. Данная смесь с помощью трубопроводов удаляется из блока выделения водорода и направляется на разделение для производства ценных газохимических продуктов с высокой добавочной стоимостью. В ходе будущего проектирования водородного криогенного комплекса будет добавлен блок разделения углеводородной газовой смеси.

Для производства ожиженного водорода, компримированный до 5 МПа газообразный водород поступает в блок ожижения водорода 4, состоящий из трех контуров – да контура предварительного охлаждения водорода и контур ожижения водорода. Традиционный цикл ожижения водорода с двумя контурами предварительного охлаждения и турбодетандерной ступенью, был модернизирован и конструктивно изменен. Турбодетандерная ступень была перемещена на более низкий температурный уровень и теперь предназначается для дополнительного производства ожиженного нормального водорода. Для этого вместо традиционного газового турбодетандера был внедрен парожидкостой турбодетандер. Водородная ванная была изменена для выдачи ожиженного нормального водорода.

Для функционирования блока ожижения водорода водородного криогенного комплекса был добавлен контур азотной жидкостной установки 4б для питания жидким азотом двух азотных жидкостных ванн для предварительного охлаждения водорода.

Ожиженный пара-водород из второго реактора орто-пара конверсии и нормальный водород из водородной ванной направляются в контур хранения водорода 4а, состоящий из двух резервуаров хранения ожиженного водорода [3]. Оба резервуара оснащены вакуумной и азотной системой для долгосрочного хранения ожиженного водорода. Резервуар ожиженного нормального водорода предназначен для краткосрочного хранения, тогда как резервуар ожиженного пара-водорода предназначен для долгосрочного хранения.

Создание эффективных криогенных водородных комплексов позволит решить задачи, связанные с производством, очисткой, компримирования и ожжижением водорода. Одним из главных преимуществ создания таких комплексов – это сопутствующее производство газохимических продуктов с высокой добавочной стоимостью. Данные комплексы не только развивают водородную энергетику, но и расширяют использование водорода и водородных технологии в химической и нефтегазовой промышленности.

Список литературы

1. Криогенные системы: Учебник / А. М. Архаров, И. А. Архаров, В. П. Беляков [и др.]. Том 2. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Москва: Научно-техническое издательство "Машиностроение", 1999. – 720 с. – ISBN 5-217-02585-9. – EDN XWGTEP.

2. Бочарников, М. С. Металлогидридный термосорбционный компрессор водорода высокого давления / М. С. Бочарников, Ю. Б. Яненко, Б. П. Тарасов // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – № 12(116). – С. 18-23. – EDN PXKJMZ.

Баранов А.Ю., Соколова Е.В. Хранение и транспортировка криогенных жидкостей. Часть 1: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 95 с.

Смирнова А.В., Грызунов А.В., Верлока И.И.
студенты
Научный руководитель: ***Капранова А.Б.***
д.ф.-м.н., профессор,
kokteli97@mail.ru
Ярославский государственный технический университет,
Россия, Ярославль

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДДИТИВНОГО ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ

Аннотация. Рассмотрена проблема изготовления опытных образцов новых конструкций регулирующих клапанов в лабораторных условиях, где традиционные металлические прототипы экономически и технически недоступны. Предложено использование 3D-печати для создания пластиковых прототипов, пригодных для гидравлических испытаний на проливном стенде. Проведён сравнительный анализ наиболее распространённых полимеров по критериям точности, прочности, безопасности и стоимости. Показано, что материал PETG, напечатанный методом FDM, оптимально сочетает механическую стойкость, безвредность при печати и устойчивость к воде.

Ключевые слова: аддитивные технологии; запорно-регулирующая арматура; прототипирование; полимерные материалы; FDM-печать.

Введение

При разработке новых конструкций регулирующих клапанов ключевым этапом является экспериментальная верификация их гидравлических характеристик. Однако изготовление металлических прототипов из стали требует крупных производственных мощностей и значительных финансовых вложений, что делает его практически недоступным для научно-исследовательских лабораторий университетов и отраслевых предприятий, не специализирующихся на арматуростроении.

В Ярославском государственном техническом университете накоплен опыт разработки ряда оригинальных конструкций клапанов, например, осевого типа с продольным и поперечным делением потока [3, 4], для которых проводились стохастическое моделирование кавитации и расчёты гидравлического сопротивления [1, 2, 6]. При этом изготовление физических прототипов этих устройств долгое время оставалось сдерживающим фактором. Альтернативным решением выступает применение аддитивных технологий с использованием полимерных материалов. Это позволяет быстро и относительно дешево получать образцы, пригодные для стендовых испытаний, например, на расходомерной поверочной установке [5].

Основная задача настоящей работы – выбор полимерного материала, который обеспечивает достаточную точность воспроизведения геометрии клапанов с DN до 40 мм, сохраняет механическую прочность под действием зажимных устройств и давления воды до 0,5 МПа [5], не размягчается и не деформируется при контакте с водой при комнатной температуре, а также является безопасным для печати в лабораторных условиях без принудительной вытяжной вентиляции. Дополнительным критерием выступает стоимость материала при изготовлении единичных прототипов.

Анализ полимерных материалов для прототипирования регулирующей арматуры

В современной практике аддитивного производства наиболее распространены три технологии – FDM (моделирование наплавлением), SLA (лазерная стереолитография) и SLS (селективное лазерное спекание). Для FDM типичными материалами являются пластики PLA, PETG и ABS; для SLA – фотополимерные смолы; для SLS – полиамиды (нейлон). Сравнение их свойств применительно к задачам прототипирования арматуры представлено в таблице на основе технических характеристик материалов, опубликованных производителями, а также данных из работ [7-9].

Таблица

Характеристики пригодности полимерных материалов для изготовления прототипов регулирующих клапанов

Критерий сравнения	Материал (технология 3D-печати)				
	PLA (FDM)	***PETG (FDM)***	***ABS (FDM)***	***Фотополимеры (SLA)***	***Нейлон (SLS)***
Точность (характерный размер детали)	±0,2 мм	±0,2 мм	±0,3 мм (склонен к короблению)	±0,05 мм (высокая)	±0,1 мм
Предел текучести (прочность), МПа	40–50	45–55	40–50	30–50 (хрупкие)	45–55
Стойкость к воде (20 °C)	хорошая, но возможно водопоглощение	отличная, гидролизостоек	хорошая	некоторые смолы гигроскопичны	отличная
Безопасность печати	безопасен, запаха нет	безопасен, запаха нет	токсичный запах, нужна вентиляция	могут быть токсичны, нужна защита	Безопасен (порошок)
Стоимость (относительная)	низкая	средняя	средняя	высокая (смола + постобработка)	очень высокая (оборудование)

Из информации, представленной в табличном виде, следует, что PLA выгодно отличается невысокой ценой и отсутствием вредных испарений при печати, но при длительном нахождении в воде этот материал заметно набухает, что приводит к искажению геометрии детали и снижению её прочности. ABS по механическим свойствам близок к PLA и устойчив к жидкой среде, однако его применение в обычной лабораторной комнате затруднительно из-за выделения стирола при 3D-печати, т.е. необходима принудительная вытяжная вентиляция, которая часто отсутствует в нехимических лабораториях. Фотополимерная технология SLA даёт точность до 0,05 мм – это важно для деталей с условным проходом DN ≤ 40 мм. Тем не менее сами фотополимеры довольно хрупкие, а их токсичность заставляет использовать средства индивидуальной защиты и организовывать специальную утилизацию отходов. SLS-печать из нейлона обеспечивает точность до 0,1 мм, но стоимость оборудования и порошков для селективного лазерного спекания многократно превышает возможности университетской лаборатории, поэтому для разового изготовления прототипов этот метод экономически не целесообразен.

Наиболее сбалансированным вариантом оказывается PETG, напечатанный методом FDM. Он сочетает достаточную для DN15-40 точность (типичные допуски ±0,2 мм), высокую прочность на разрыв (50-55 МПа) и ударную вязкость, абсолютную стойкость к воде и водным растворам (отсутствие гидролиза). PETG не выделяет вредных испарений при печати (в отличие от ABS) и не требует специальной вентиляции, что соответствует санитарным нормам для учебных лабораторий. Стоимость катушки PETG незначительно превышает цену PLA и существенно ниже стоимости фотополимеров или нейлона.

Выводы

Таким образом, для аддитивного прототипирования запорно-регулирующей арматуры в условиях университетских лабораторий наиболее предпочтительным материалом является PETG. Он обеспечивает приемлемую точность, достаточную прочность для гидравлических испытаний, химическую стойкость к воде и полную безопасность для оператора. PLA может рассматриваться как бюджетная альтернатива для некритичных по нагрузке узлов, а ABS, фотополимеры и нейлон следует применять лишь при наличии специального оборудования и вентиляции.

Список литературы

1. Грызунов А.В., Верлока И.И., Капранова А.Б. Применение параметрического моделирования деталей дросселирующего узла осевого клапана для оценки гидравлического сопротивления // ПАХТ-2025: Международный научно-практический семинар, посвященный 100-летию со дня рождения Ю. И. Дытнерского, 10-11 апреля 2025 г., Москва, РХТУ им. Д.И. Менделеева. Материалы конференции. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева. 2025. С. 86-90.

2. Конструктивное решение подавления кавитационных возмущений в системах управления технологическими процессами / А.В. Грызунов [и др.] // Южно-Сибирский научный вестник. 2024. Вып. 6 (58). С. 275-279.

3. Патент № 2647933 Российская Федерация. МПК F16K 1/12 Осевой регулирующий клапан / А. Е. Лебедев [и др.]. Опубл. 21.03.2018. Бюл. № 9.

4. Патент № 2826467 Российская Федерация. МПК F16K 1/12. Клапан осевой / А. Е. Лебедев [и др.]. Опубл. 11.09.2024. Бюл. № 25.

5. Применение расходомерной поверочной установки для оценки гидравлических характеристик запорно-регулирующей арматуры / А. В. Грызунов [и др.] // Повышение энергоресурсоэффективности, экологической и технологической безопасности процессов, аппаратов и производств химической и смежных отраслей промышленности: сборник научных трудов международного научно-технического симпозиума, посвящённого 110-летию со дня рождения Л. А. Костандова (ISTS «EESTE-2025», Москва, 26-27 ноября 2025 г.): сб. науч. трудов Междунар. науч.-техн. симпозиума. Москва. 2025. Т. 2. часть 1 М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А. Н. Косыгина», 2025. С. 50-54. DOI: 10.37816/eeste-2025-2-50-54.

6. Стохастическое моделирование ранней стадии кавитации в прямоточном клапане / А.Б. Капранова [и др.] // Южно-Сибирский научный вестник. 2024. Вып. 6 (58). С. 322-328. DOI: 10.25699/SSSB.2024.58.6.032.

7. A review on comparison of physical and mechanical properties of PLA, ABS, TPU, and PETG manufactured engineering components by using fused deposition modelling / S. Prajapati [and al.] // Materials Today: Proceedings. 2024. DOI: 10.1016/j.matpr.2024.05.018.

8. Bembenek M., Kowalski L., Koson-Schab A. Research on the Influence of Processing Parameters on the Specific Tensile Strength of FDM Additive Manufactured PET-G and PLA Materials // Polymers. 2022. Vol. 14. No. 12: 2446. DOI: 10.3390/polym14122446.

9. 3D/4D Printing of Polymers: Fused Deposition Modelling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS), and Stereolithography (SLA) / A. Kafle [and al.] // Polymers. 2021. Vol. 13, No. 18: 3101. DOI: 10.3390/polym13183101.

Жуков В.М.
студент
Научный руководитель: ***Стефанова В.А.***
к.т.н., доцент,
«Росбиотех»,
Россия, Москва
lexon.design@yandex.ru

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОТКАЗОВ ГЕРМЕТИЧНЫХ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Аннотация. В работе выполнен анализ причин выхода из строя герметичных поршневых компрессоров на основе статистики диагностических обращений. Выявлены основные типы дефектов и установлены механизмы их возникновения. Показано, что наибольшее влияние оказывают нарушения условий эксплуатации и технологии обслуживания холодильных систем.

Ключевые слова: поршневой компрессор; холодильная система; хладагент; перегрев; гидроудар; диагностика; отказ.

Герметичные поршневые компрессоры широко применяются на холодильных объектах с различными температурными режимами и во многом определяют надежность работы всей холодильной системы. Проведенный анализ эксплуатационных отказов показывает, что повреждения в большинстве случаев являются эксплуатационными и связаны с отклонениями режимов работы и нарушениями при обслуживании. Кроме того, хотелось бы отметить универсальность этих в независимости от используемого хладагента.

Целью данного исследования является анализ эксплуатационных отказов герметичных поршневых компрессоров с целью установления причин их возникновения, выявления характерных дефектов и разработки рекомендаций по повышению надежности холодильных систем при эксплуатации и ремонте.

По результатам проведенного анализа за 2025 год было зафиксировано 371 обращение за диагностикой в компанию «Морена», установлено следующее распределение отказов: попадание жидкого хладагента – 40 %, выгорание пусковой обмотки – 20 %, перегрев компрессора – 20 %, загрязнение системы – 10 %, наличие влаги – 5 %, прочие причины – 5 %.

Наибольшее количество отказов связано с попаданием жидкого хладагента в цилиндр компрессора. Компрессор рассчитан на сжатие газа, в то время как жидкость практически не сжимается. При её попадании возникает резкий рост давления и гидравлический удар, приводящий к разрушению клапанной группы и шатунно-поршневой, а также повреждению прокладки цилиндра (рис. 1, 2). Основными причинами являются избыточная заправка хладагента и обмерзание испарителя и, как следствие, нарушение теплообмена.

Рис. 1. Повреждения элементов шатунно-поршневой группы компрессора при гидравлическом ударе, возникшее из-за попадания жидкого хладагента в кожух компрессора

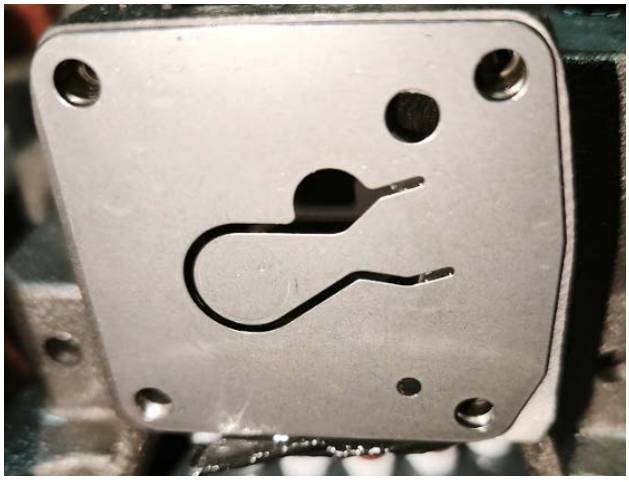


Рис. 2. Повреждение элементов клапанной группы компрессора при попадании жидкого хладагента

В обоих случаях хладагент не испаряется полностью и возвращается в компрессор в жидкой фазе.

Значительная доля отказов связана с выгоранием стартовой обмотки (рис. 3). Данный дефект возникает при нарушении режима пуска. При пониженном напряжении двигатель не достигает рабочих оборотов, в результате чего стартовая обмотка остаётся включённой длительное время и перегревается. Основными причинами являются пониженное напряжение в сети, перегрузка в сети, а также использование неоригинального пускозащитного устройства для запуска компрессора.

Рис. 3. Повреждение обмоток статора при сгорании пусковой обмотки. Возникает из-за перепада напряжения в сети, что приводит к сгоранию ПЗУ и пусковой обмотки

Перегрев компрессора также является одной из типовых причин отказа. Он возникает при работе в условиях повышенной тепловой нагрузки. Причинами данного дефекта являются недостаточное количество хладагента в системе, возможные утечки и сезонное загрязнение конденсатора.

На фоне этих проблем компрессор работает практически непрерывно, что приводит к росту температуры в компрессоре, нагреву масла, разрушению масляной пленки на трущихся деталях компрессора и ухудшению условий смазки, что вызывает дефекты заклинивания компрессора, а также перегрева (рис. 4).

Рис. 4. Перегрев клапанной группы при работе компрессора за пределами диапазона рабочих температур

Отдельную группу составляют отказы, связанные с загрязнением холодильного контура. После выхода компрессора из строя в системе остаются продукты разложения масла и механические частицы. При отсутствии промывки они попадают в новый компрессор и вызывают повторные повреждения (рис. 5).

Рис. 5. Загрязнение компрессора из системы охлаждения

Наличие влаги в системе приводит к образованию кислот и коррозии элементов. Основные причины – недостаточное вакуумирование, отсутствие замены фильтра-осушителя и использование некачественного промывочного хладагента.

Прочие случаи связаны с комбинированными дефектами и нестандартными режимами эксплуатации.

Наибольшее количество отказов наблюдается в постгарантийный период. Замена компрессора часто выполняется в полевых условиях с нарушением технологического процесса. Кроме того, анализ показывает, что многие специалисты пренебрегают использованием современного оборудования, в целях экономии или недостаточных навыков, и привыкли или имеют опыт работы по ремонту поршневыми компрессорами предыдущей конструкции с большим объемом поршня, поэтому допускают запуск компрессора при заправке хладагента.

Статистика отказов

Проведённый анализ показывает, что эксплуатационные отказы в большинстве случаев обусловлены несоблюдением технологии обслуживания и контроля режимов работы.

Анализ показал, что большинство отказов носит не мгновенный, а накопительный характер и связано с длительной работой оборудования в неблагоприятных условиях. Контроль режимов работы позволяют повысить надежность и ресурс компрессорного оборудования.

Тенденция обращений по гарантийным обязательствам и постгарантийным показывает стабильный рост.

Полученные результаты могут быть использованы при проведении диагностики, выборе режимов эксплуатации и организации сервисного обслуживания холодильных систем. Реализация предложенных рекомендаций позволяет снизить вероятность отказов и увеличить ресурс компрессорного оборудования.

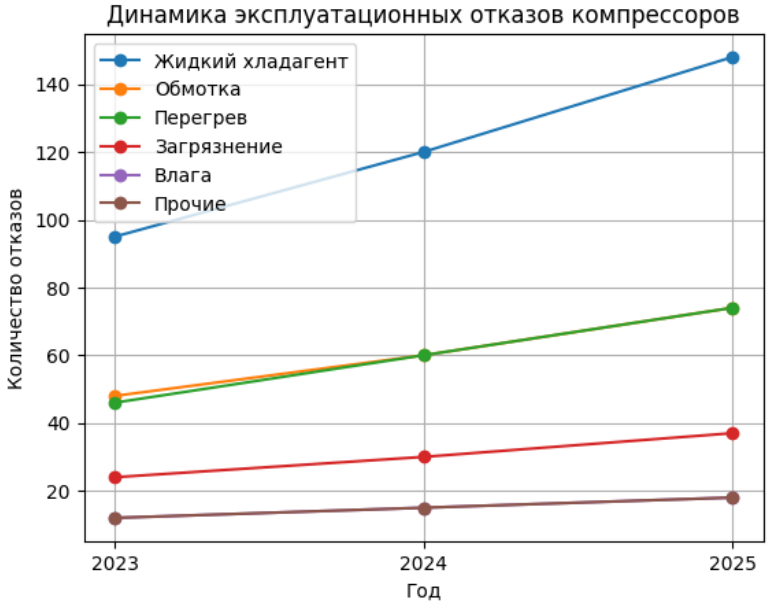


Рис. 6. Динамика эксплуатационных отказов герметичных поршневых компрессоров за 2023–2025 гг.

Список литературы

1. Полевой А.А. Практическое пособие по проектированию, монтажу и эксплуатации холодильных установок: учебное пособие для вузов. – СПб.: Лань, 2025. – 204 с. – ISBN 978-5-507-51922-4. – URL: https://e.lanbook.com/book/462323 (дата обращения: 02.04.2026)

2. Академия КриоФрост. – URL: https://kriofrost.academy/ (дата обращения: 03.04.2026).

3. Ксирон-Холод. – URL: https://www.xiron.ru/ (дата обращения: 03.04.2026).

Кочетков В.В.
студент
vvkochetkov@bk.ru
Научный руководитель: ***Фуфаева В.М.***
к.т.н.,
МИРЭА – Российский технологический университет,
Россия, Москва

ПОЛУЧЕНИЕ УДОБРЕНИЯ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ДЕЙСТВИЯ ПУТЕМ КАПСУЛИРОВАНИЯ ГРАНУЛ РАСТВОРАМИ ПОЛИБУТИЛЕНСУКЦИНАТА

Аннотация. Работа посвящена получению удобрения пролонгированного действия путем капсулирования гранул карбамида растворами полибутиленсукцината (PBS) в хлороформе с разными соотношениями марок #190 и #1. Полученное покрытие замедляет растворение удобрения в воде. Наибольший пролонгированный эффект показали образцы с соотношением марок 50:50 и 40:60.

Ключевые слова: удобрения пролонгированного действия; полибутиленсукцинат; капсулирование.

Актуальность работы

Целью работы является получение удобрений пролонгированного действия на основе полибутиленсукцината

Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд задач:

1) нанесение полимерных оболочек на гранулы карбамида с варьированием соотношения двух типов PBS (#190 и #1);

2) сравнительный анализ скорости растворения полученных образцов в воде;

3) оценка влияния покрытия гранул карбамида полибутиленсукцинатом (PBS) на скорость растворения для пролонгированного высвобождения питательных веществ

4) определение состава оболочки, обеспечивающего наиболее медленное растворение.

Для эффективного ведения сельского хозяйства требуется регулярное внесение удобрений, поскольку они обеспечивают растения необходимыми питательными элементами для роста и развития. Одних лишь макроэлементов (азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера) недостаточно для полноценного развития культур: необходим комплекс микроэлементов, повышающих устойчивость растений к стрессам, болезням и вредителям. Как показывает агрономическая практика, высокая продуктивность сельхозугодий напрямую зависит от грамотного использования минеральных и органических удобрений [3].

Однако стандартные удобрения имеют существенный недостаток – низкий коэффициент усвоения питательных веществ растениями. Большинство традиционных удобрений хорошо растворяются в воде. После внесения в почву они быстро вымываются грунтовыми водами, а часть азотных соединений испаряется в атмосферу. В итоге растения усваивают всего 20–30 % питательных веществ, остальное теряется и загрязняет окружающую среду. Это приводит не только к лишним затратам, но и к проблемам с экологией – например, водоёмы начинают цвести из-за эвтрофикации, а в грунтовых водах начинают накапливаться нитраты [4].

Одним из решений данной проблемы является использование капсулированных минеральных удобрений – гранулированных удобрений, покрытых тонкой водонепроницаемой плёнкой из органических полимеров [1]. Такие удобрения относятся к длительно действующим, то есть постепенно выделяющим питательные элементы в течение одного или нескольких вегетационных периодов. Использование медленнодействующих азотных удобрений в комбинации с обычными даёт возможность снизить потребление последних на 20–30 %. Кроме того, пролонгированные формы снижают риск осмотического токсического эффекта, который возникает при внесении высоких доз растворимых солей и может повреждать семена и молодые корни растений. Благодаря постепенному высвобождению питательных элементов такие удобрения не создают вокруг гранулы зоны с экстремально высокой концентрацией ионов [2]. Однако серьезный недостаток многих традиционных покрытий – они не разлагаются и накапливаются в почве в виде микропластика. В связи с этим в последние годы активно ведутся разработки по созданию биоразлагаемых оболочек. Наиболее изученными в этой области являются синтетические биоразлагаемые полимеры, такие как полилактид (PLA), поликапролактон (PCL) и полибутиленсукцинат (PBS). Все они со временем полностью разлагаются в почве под действием микроорганизмов и влаги, не оставляя токсичных следов. Принципиальное различие между ними заключается в скорости деградации. Как показали сравнительные исследования, нанокомпозиты на основе PCL демонстрируют самую низкую скорость разложения, тогда как образцы на основе PLA, напротив, разрушаются быстрее всего. Что касается механических свойств, то PBS заметно превосходит аналоги по прочности на разрыв, модулю упругости и относительному удлинению [7].

Проведение эксперимента

Гранулы карбамида подвергали рассеву на лабораторных ситах для выделения узкой фракции с размером частиц 4–5 мм. В качестве покрывающего полимера выбран полибутиленсукцинат (PBS). Полибутиленсукцинат представляет собой алифатический термопластичный полиэфир, получаемый поликонденсацией 1,4-бутандиола и янтарной кислоты. Янтарную кислоту, в свою очередь, можно эффективно производить из возобновляемого растительного сырья (например, отходов стеблей сельскохозяйственных культур) методом ферментации, что позволяет рассматривать PBS как экологически чистый биоматериал [5]. Также он обладает подходящей температурой плавления (110–116 °C) и регулируемой вязкостью расплава, что дает возможность подобрать марку с оптимальной вязкостью для равномерного покрытия гранул. Для покрытия карбамида были приготовлены растворы PBS двух марок: #190 и #1. Их основные характеристики представлены в таблице. Поскольку полибутиленсукцинат является гидрофобным полимером и не растворяется в воде, то в качестве

растворителя выбран хлороформ. Ранее в научной литературе уже сообщалось об использовании растворов полибутиленсукцината (PBS) в хлороформе. В одной из работ PBS растворяли в хлороформе для исследования вязкости растворов и определения зависимости между молекулярной массой полимера и его вязкостными характеристиками [8]. Также стоит отметить, что PBS успешно растворяли в хлороформе для получения плёнок с концентрацией 8–20 г/дл, и было установлено, что оптимальная концентрация составляет 14 г/дл [6].

Таблица

Свойства PBS

Свойство	Марка PBS #190	Марка PBS #1
Плотность, кг/м^3	1240	1260
Температура плавления, °С	114	113
Показатель текучести расплава, г/10 мин; при 190°С	5,74	4

Было приготовлено три образца 5 %-го раствора PBS в хлороформе в соотношении марок #190:#1 – 50:50, 60:40 и 40:60. Приготовленные растворы оставляли на семь суток для полного растворения полимера при температуре 20°С.

Капсулирование карбамида происходило на лабораторном тарельчатом грануляторе (рис. 1). Навеска исходного удобрения подавалась на тарельчатый гранулятор, который приводится в движение с помощью червячного мотора-редуктора. Угол наклона тарелки был установлен в 30 градусов, частота вращения – 30 об/мин. Полученный раствор распылялся на слой удобрения с помощью форсунки. Перед каждым опытом проводился предварительный нагрев распыляющего устройства и тарелки, и измерялась температура слоя карбамида (35-45°С) и форсунки (35-40°С). Распыление происходило потоком воздуха, подогреваемым в воздуховоде с кожухом, ТЭНами, подаваемым компрессором. Обогрев тарелки осуществлялся потоком воздуха, подогреваемым в тепловой пушке. Поскольку раствор хлороформа с PBS является прозрачным, для визуализации наносимого покрытия в раствор добавляли краситель. В среднем каждый опыт проводился от двух до трех часов. По окончании каждого опыта проводилось взвешивание конечного продукта и по формуле 1 рассчитывалась массовая доля оболочки (предварительная). Для соотношения 50:50 доля оболочки составила 3,7 %, 60:40 – 5 %, 40:60 – 4,5 %.

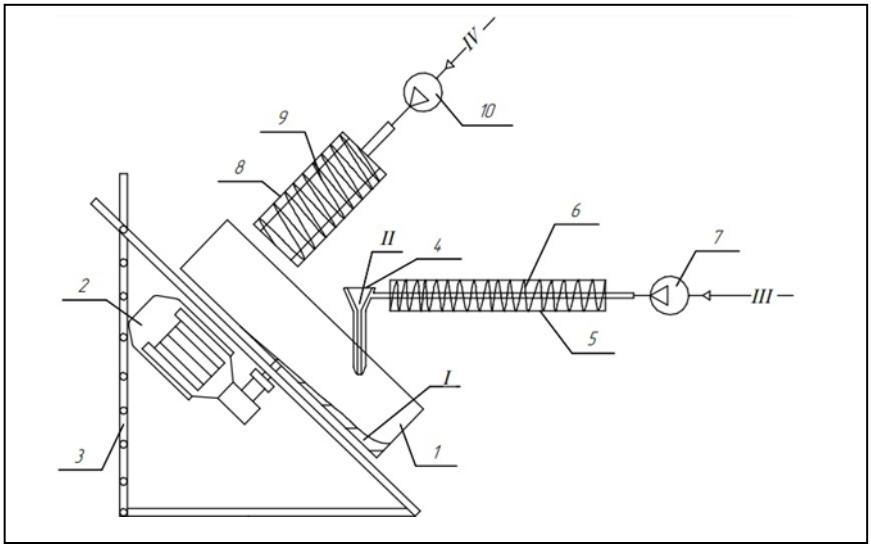


Рис. 1. Схема лабораторной установки по получению удобрений пролонгированного действия: 1 – тарельчатый гранулятор; 2 – червячный мотор-редуктор; 3 – устройство регулировки угла наклона гранулятора; 4 – диспергирующее устройство; 5 – воздуховод с кожухом; 6, 9 – ТЭНы; 7, 10 – компрессор; 8 – тепловая пушка. I – сырье, II – покрывающий раствор, III, IV – воздух

$$x = \frac{m_{\text{прод}} - m_{\text{уд}}}{m_{\text{прод}}} * 100\ \% \quad (1)$$

Для оценки пролонгированного эффекта полученные гранулы с покрытием были протестированы на скорость растворения в воде. Для испытаний отобрали 5 гр гранул с наиболее равномерным и качественным покрытием (рис. 2). Растворение проводилось в 100 мл дистиллированной воды.

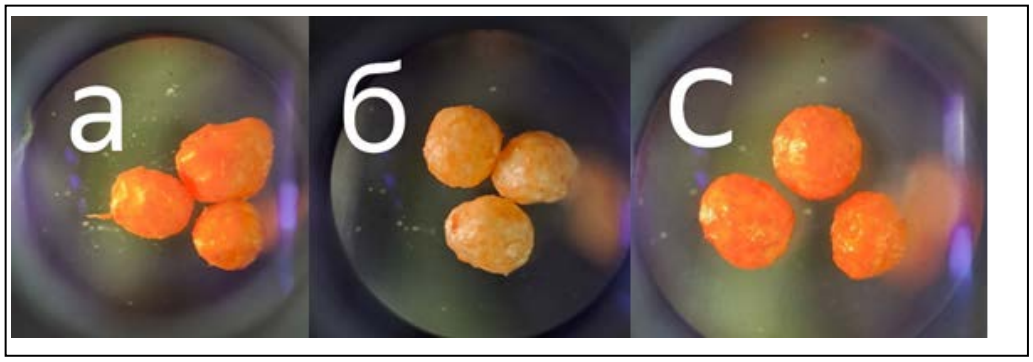


Рис. 2. Гранулы, покрытые PBS #190:#1 в соотношении 50:50 (а), 60:40 (б), 40:60 (с)

Для выявления степени растворения карбамида определяли концентрацию удобрения в растворе по показателю преломления с помощью рефрактометра. Отбор проб проводился с определенными временными интервалами (каждые 10 минут): сначала производили перемешивание раствора, после отбирали пробу, определяли показатель преломления и возвращали пробу обратно в колбу. Опыты проводились до полного растворения удобрения. Для сравнения и сопоставимости результатов был также взят чистый карбамид без пленки и карбамид, покрытый смесью PBS в соотношении 50:50, приготовленный ранее в лаборатории. После растворения по расчетам фактическая доля оболочки составила около 3 % масс. По формуле 2 была рассчитана доля растворившегося удобрения.

$$\text{Доля} = \frac{m_{\text{р.у.}}}{m_{\text{н}} - m_{\text{н}} * x} \quad (2)$$

где $m_{\text{р.у.}}$ – масса растворившегося удобрения, $m_{\text{н}}$ – масса навески получившегося продукта, x – массовая доля покрытия.

Далее были построены кривые зависимости доли растворившегося удобрения от времени (рис. 3).

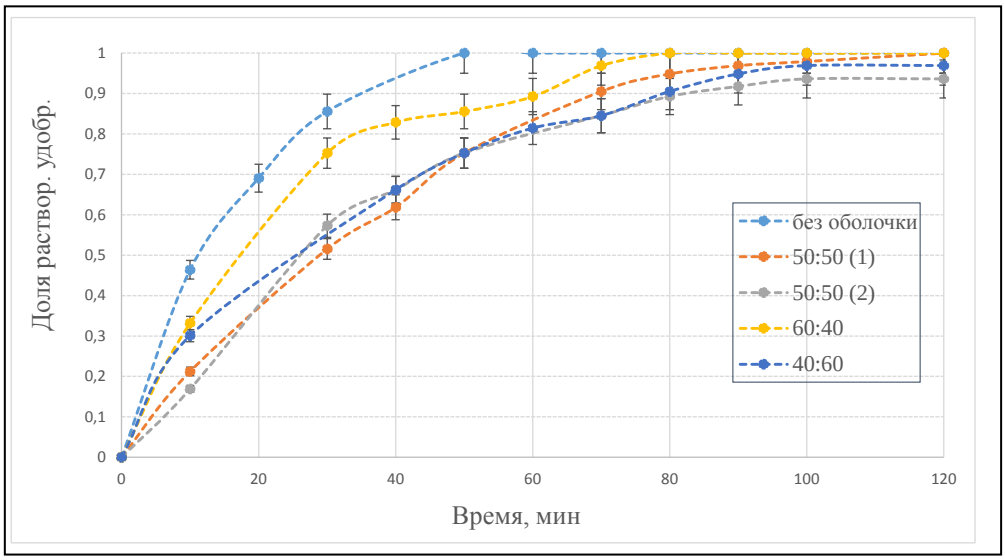


Рис. 3. График зависимости доли растворенного удобрения от времени

Очевидно, что чем быстрее кривая выходит на плато, тем быстрее происходит растворение удобрения, что является нежелательным для достижения пролонгированного эффекта.

Сравнив полученные данные, можно сделать вывод: не во всех образцах произошло полное растворение удобрения в рамках заданного временного интервала (рис. 3). Варианты с наибольшим пролонгированным эффектом среди представленных являются соотношения PBS #190:#1 – 50:50 и 40:60. Также можно отметить, что наблюдается воспроизводимость результатов для образцов с соотношением 50:50, полученных независимо. Все образцы с покрытиями показали более медленное растворение по сравнению с контрольным образцом карбамида без оболочки, что подтверждает наличие пролонгированного эффекта. Далее планируется проведение опытов по нанесению покрытия PBS в соотношении 30:70, нанесение более толстых оболочек и работа с PBS других марок.

Рис. 4. Оболочки полимера с небольшим остатком удобрения

Список литературы

1. ГОСТ 20432-83. Удобрения. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1992. 18 с.

2. Мухина, М.Т., Боровик Р.А., Коршунов А.А. Удобрения пролонгированного действия: основные этапы и направления развития // Плодородие. 2021. Т. 121. №.4. С. 77-82.

3. Осипов А.И. Роль удобрений в плодородии почв и питании растений // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2021. Т. 11. № 1. С. 874–875.

4. Azeem B. Stimuli-Responsive Starch-Based Biopolymer Coatings for Smart and Sustainable Fertilizers // Gels. 2025. Vol. 11. № 9. P. 681.

5. Controlled-release fertilizer based on poly(butylene succinate)/urea/clay and its effect on lettuce growth / V.A.R. Baldanza et al. // J. Appl. Polym. Sci. 2018. V. 135. P. 51-60.

6. Effects of polymer concentration and zone drawing on the structure and properties of biodegradable poly(butylene succinate) film / W.S. Lyoo et al. // Polymer. 2000. V. 41. № 26. P. 9055-9062.

7. Fabrication of Biodegradable Polymer Nanocomposites for Sustainable Agriculture / R. Sobti et al. // E3S Web of Conferences. 2024. V. 511. P. 01009.

8. Solution viscosity – molar mass relationships for poly(butylene succinate) and discussion on molar mass analysis / Q. Charlier et al. // eXPRESS Polymer Letters. 2015. V. 9. № 5. P. 424-434.

Глухова С.А., Емельянова А.П., Комиссарова М.С.
студенты
glukhova-0404@mail.ru
Научный руководитель: ***Нечаев А.С.***
к.т.н., доцент,
Самарский государственный технический университет,
Россия, Самара

ЭЛЕКТРОТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ МНОГОСЛОЙНОЙ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТРУРЫ, НАНЕСЕННОЙ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Аннотация. В работе описана модель формирования плотности мощности в многослойной структуре *Ni-Al* при протекании импульсов тока малой длительности. Модель основана на эквивалентной электрической схеме многослойной биметаллической структуры, полученной методом магнетронного напыления.

Ключевые слова: многослойная структура *Ni-Al*, нагрев, эквивалентная электрическая схема, реакционноспособные материалы.

Миниатюризация и энергоэффективность основных узлов систем управления, контроля и исполнения команд в настоящее время является актуальной и востребованной в различных отраслях промышленности задачей. Решение данной задачи возможно путём применения эффективных конструкторских и технологических подходов.

В химическом производстве существуют ряд задач, в которых требуется использовать сверхбыстрый нагрев, при этом исполнительный элемент используемого при этом аппарата должен быть ограничен малыми линейными размерами и использовать относительно малое количество энергии. Далеко не все существующие в настоящее время подобного рода аппараты обеспечивают данные требования.

Активно развивающаяся технологическая база создания микро- и наноструктур позволяет использовать подходы к разработке и созданию многослойных биметаллических структур. Это даёт возможность при малых габаритах формировать необходимое температурное воздействие при протекании через данные структуры относительно малых электрических сигналов.

Одной из достаточно развитых технологий формирования тонкоплёночных многослойных биметаллических структур является технология, основанная на магнетронном напылении. Использование такого технологического подхода позволяет варьировать толщину покрытий от нескольких ангстрем до десятков микрометров, что при количестве слоёв в несколько десятков получить достаточно миниатюрный исполнительный элемент нагревательных аппаратов.

В современных разработках [1,4,5,7,8] всё большее внимание уделяется многослойным структурам, в частности – композициям на основе чередующихся слоёв алюминия и никеля. Такие структуры представляют собой метастабильные реакционноспособные материалы, и имеют следующие преимущества по сравнению с аналогичными по структуре детонаторами:

- экзотермическая реакция: стехиометрический состав Ni-Al обеспечивает теплоту реакции ~330 Дж/г, что добавляет к нагреву значительную химическую энергию;
- высокое удельное сопротивление: по сравнению с медью, это обеспечивает более интенсивный нагрев при том же токе (согласно закону Джоуля-Ленца);
- объемное энерговыделение: реакция развивается во всем объеме материала, а не только на поверхности, что приводит к резкому росту давления плазмы.

Такой подход потенциально позволяет значительно повысить мощность энерговыделения [2,3,5,6,8].

Для анализа распределения тепловыделения в многослойной структуре (рисунок 1) предлагается использовать эквивалентную электрическую принципиальную схему, в которой каждый слой структуры моделируется как отдельный элемент сопротивления (рисунок 2).

Контактные площадки алюминиевого и никелевого слоёв, подключённые к общим токоподводящим электродам, могут быть представлены как параллельно включённые резисторы R_{Al} и R_{Ni}, отражающие их продольное сопротивление. Однако в реальной многослойной структуре ток не распределяется мгновенно и равномерно между слоями: чтобы проникнуть из одного слоя в другой, он должен пройти через слой предыдущего материала в поперечном направлении. Эту особенность можно учесть, дополнив базовую схему небольшими последовательно включёнными резисторами r_{Al} и r_{Ni}, которые моделируют вертикальное (поперечное) сопротивление соответствующих слоёв. Эти элементы отражают сопротивление слоя току при его перетекании из одного слоя в другой.

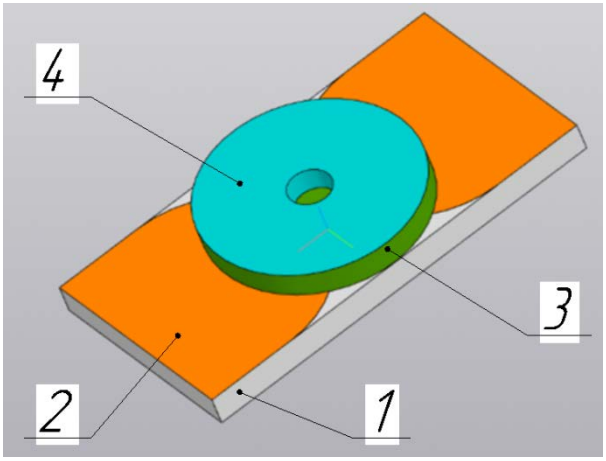


Рис. 1. Геометрическая модель многослойной структуры:
1 – керамическая подложка; 2 – токопроводящая структура; 3 – флаер; 4 – столбик-ствол

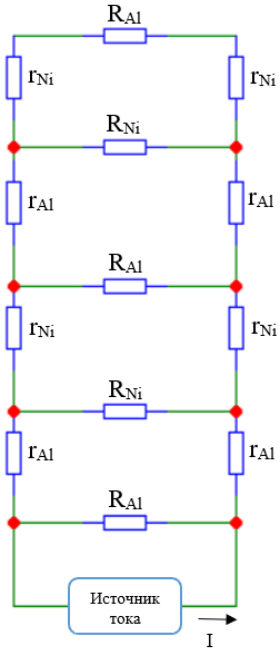


Рис. 2. Эквивалентная принципиальная электрическая схема

Продольное сопротивление каждого слоя определяется по формуле (1):

$$R = \frac{\rho l}{S}, \tag{1}$$

где ρ – удельное сопротивление материала, Ом·м; l – длина проводящей части, м; $S=w \cdot b$ – площадь поперечного сечения слоя, м^2, где w – ширина токопроводящего слоя, м, b – толщина конкретного слоя, м.

Вертикальное сопротивление слоёв определяется по формуле (2):

$$r = \frac{\rho l}{S(k)}, \tag{2}$$

где ρ – удельное сопротивление материала, Ом·м; l – длина проводящей части (толщина слоя), м; $S(k)$ – площадь поперечного сечения, зависящая от технологии изготовления токопроводящей структуры, м^2.

Общее сопротивление токопроводящей структуры $R_{общ.}$ определяется по формуле (3):

$$\frac{1}{R_{общ.}} = \sum_{n=1}^{z} \frac{1}{R_{Ni}+r_{Al}\cdot n+r_{Ni}\cdot(n-1)} + \sum_{m=1}^{z} \frac{1}{R_{Al}+(r_{Al}+r_{Ni})\cdot(m-1)}, \tag{3}$$

где R_{Al}, R_{Ni} – продольное сопротивление алюминиевого, никелевого слоёв соответственно; r_{Al}, r_{Ni} – вертикальное сопротивление алюминиевого, никелевого слоёв соответственно; z – кол-во слоёв; n и m – номер слоя из никеля и алюминия соответственно (n=1,2,3…, m=1,2,3…).

В такой модели ток, проходящий через токопроводящую структуру, разделяется между слоями обратно пропорционально их сопротивлениям, а мощность тепловыделения в каждом слое выражается как:

$$P = UI_i = I_i^2 R_i = \frac{U^2}{R_i}, \quad (4)$$

где I_i – ток через i-й слой; U – поданное напряжение; R_i – полное сопротивление i-й слоя.

Соотношение (4) является прямым следствием закона Джоуля-Ленца, согласно которому количество теплоты Q, выделяемое в проводнике при прохождении электрического тока, пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени протекания тока:

$$Q = UI_i = I_i^2 R_i t = \frac{U^2}{R_i} t, \quad (5)$$

Соотношения (4), (5) позволяют не только качественно интерпретировать характер распределения тепловыделения в многослойной структуре, но и выполнять строгие количественные оценки для конкретных конструктивных параметров и материалов токопроводящих слоях. Это особенно важно при проектировании инициаторов с взрывающейся фольгой, где нанометровые изменения толщины слоёв или выбор материала могут существенно влиять на энергетику и динамику срабатывания.

Для построения модели многослойной структуры примем толщину алюминиевого слоя b_{Al}=30 нм и никелевого слоя b_{Ni}=20 нм. Геометрические размеры токопроводящей структуры примем одинаковыми по длине и ширине: w=l=0,4 мм. Удельные электрические сопротивления материалов равны соответственно ρ_{Al}=2,8·10^{-8} Ом·м, ρ_{Ni}=6,84·10^{-8} Ом·м, что соответствует табличным значениям для чистых металлов. Тогда продольные сопротивления слоёв составят:

$$R_{Al} = 0{,}93 \text{ Ом}, R_{Ni} = 3{,}42 \text{ Ом}.$$

Поперечные сопротивления слоёв оценим по формуле (2), приняв за длину токового пути их физическую толщину: l_{Al}=b_{Al}=30нм для алюминиевого слоя и l_{Ni}=b_{Ni}=20нм для никелевого; площадь поперечного сечения, через которое осуществляется перетекание тока между слоями, определяется геометрией и технологией формирования токопроводящих слоёв; для расчёта примем значение $S(k)$=2·10^{-9} м^2, соответствующее типичным параметрам контактной зоны в микроэлектронных структурах:

$$r_{Al} = 0{,}42 \cdot 10^{-6}\text{Ом}, r_{Ni} = 0{,}684 \cdot 10^{-6}\text{Ом}.$$

Тогда полное сопротивление n-го слоя никеля и m-го слоя алюминия – величины, которые в совокупности определяют электрическое поведение каждого индивидуального слоя в составе многослойной структуры при протекании импульсного тока, – могут быть представлены в виде суммы двух основных компонент: продольного сопротивления, обусловленного прохождением тока вдоль длины токопроводящей структуры через объём материала слоя и поперечных сопротивлений, которые моделируют дополнительные потери, возникающие при перераспределении тока между соседними слоями – то есть при частичном проникновении тока из алюминиевого слоя в никелевый и наоборот через толщу материала в направлении, перпендикулярном продольному направлению. С учётом изложенного, полные сопротивления слоёв могут быть записаны в следующем виде:

$$R_{Ni_n} = 3{,}42 + 0{,}42 \cdot 10^{-6} \cdot n + 0{,}684 \cdot 10^{-6} \cdot (n-1),$$
$$R_{Al_m} = 0{,}93 + (0{,}42 \cdot 10^{-6} + 0{,}684 \cdot 10^{-6}) \cdot (m-1).$$

Зная значения полного сопротивления алюминиевого и никелевого слоёв, можно оценить начальное распределение тепла в многослойной структуре. Примем для расчёта следующие параметры импульса: амплитуда тока I=10 кА, длительность импульса t = 1 мкс, а также общее число слоёв – 80 (по 40 чередующихся слоёв алюминия и никеля). На основе эквивалентной резистивной модели было выполнено распределение тока между слоями. Результаты моделирования представлены на рисунке 3. Наглядно видно, что количество теплоты, выделяемое в каждом алюминиевом слое, практически одинаково, так же, как и во всех никелевых слоях. При этом различие между алюминиевыми и никелевыми слоями по величине тепловыделения оказывается существенным – что обусловлено разницей их удельных сопротивлений и геометрии. В то же время отсутствие заметной неоднородности внутри групп слоёв одного материала свидетельствует о том, что влияние поперечных сопротивлений на распределение тока пренебрежимо мало. Следовательно, в рамках инженерных оценок их

можно не учитывать, ограничившись упрощённой моделью параллельно соединённых резисторов, соответствующих основным (продольным) сопротивлениям слоёв.

Рис. 3. Тепловая карта начального распределения теплоты по слоям

В результате предложена физически обоснованная модель формирования плотности мощности тепловыделения в многослойной структуре Ni-Al при протекании импульсов тока малой длительности, характерных для ряда аппаратов, использующихся в задачах химической технологии синтеза веществ. Полученная модель позволяет эффективно оценивать локальное тепловыделение на начальных этапах импульса и служит основой для проектирования миниатюрных и энергоэффективных аппаратных комплексов химической промышленности.

Список литературы

1. A microchip exploding foil initiator (EFI) fabricated using printed circuit board (PCB) technology / Yang, Z.[et.al] // Sensors and Actuators A: Physical. – 2021. – Vol. 331. – Art. 112923, pp. 3-8.

2. Design, Manufacture, and Testing of an Integrated Initiating System for Exploding Foils / Zekhao Wang [et.al] // Defence Technology, Vol. 42, 2024, pp. 125-135.

3. Effect of metal foil size on the actuation performance of microchip exploding foil initiator /Chu, Q. [et.al] // Defence Technology. – 2022. – Vol. 18, Issue 4. – P. 571–578.

4. Energy Al/Ni superlattice as a microplasma generator with excellent characteristics / Yao Wang [et.al] // Nano Express. Volume 14. – 2018, pp. 11-14.

5. Energy conversion efficiency of electrical explosive foil accelerators / Ichihara, D. [et.al]. // Japanese Journal of Applied Physics. – 2023. – Vol. 62, Issue SC. – Art. SC1054, pp. 723-733.

6. Ichihara, D., Fukushima, G., Kuwabara, D. Energy conversion efficiency of electrical explosive foil accelerators // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – Vol. 2312, Issue 1. – Art. 012063, pp. 1-11.

7. US 4788913, John R. Stroud & Donald L. Ornellas, "Flying-plate detonator using a high-density high explosive", issued 1988-12-06, assigned to United States of America.

8. Wang, T., Zeng, Q., Li, M. Characterization and application of Al/Ni reactive multilayers in exploding foils // Journal of Applied Physics. – 2021. – Vol. 130, Issue 21. – Art. 215901, pp. 723-733.

Князев С.В.
студент,
sergej.knyazev.2001@mail.ru
Научный руководитель: ***Мустафин Т.Н.***
к.т.н., доцент,
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Россия, Казань

РАСЧЕТ ОСЕВЫХ СИЛ И ТРЕНИЯ В МЕХАНИЗМЕ ТОРЦЕВОГО СОГЛАСОВАНИЯ СПИРАЛЬНОГО КОМПРЕССОРА

Аннотация. В работе представлена методика расчёта осевых усилий и сил трения в узле торцевого согласования спирального холодильного компрессора. Предложен алгоритм определения оптимального положения отверстия для перепуска давления под прижимной поршень, учитывающий геометрию спиралей и политропный характер сжатия. Проведено сравнение графоаналитического и программного методов расчёта, подтверждена высокая сходимость результатов. Выполнен параметрический анализ влияния угла закрутки и радиуса начальной окружности на расположение перепускного отверстия.

Ключевые слова: спиральный компрессор; торцевое согласование; осевые силы; трение; перепускное отверстие; политропный процесс.

Спиральные компрессоры занимают ключевое место в современной холодильной технике благодаря высокой эффективности, низкому уровню шума и вибраций, а также компактности. Принцип их действия основан на взаимодействии неподвижной и орбитально движущейся спиралей, между которыми образуются рабочие полости переменного объёма. Процесс сжатия газа схематично показан на рисунке 1.

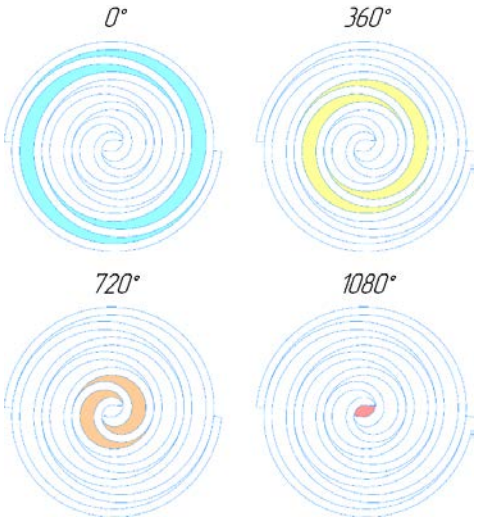


Рис. 1. Перемещение газа в спиралях

Одной из важнейших задач при проектировании спиральных компрессоров является обеспечение надёжного торцевого уплотнения между спиралями. Под действием давления газа в рабочих полостях возникает осевая сила, стремящаяся разомкнуть спирали и увеличить торцевой зазор, что ведёт к внутренним перетечкам и снижению эффективности. Для компенсации этой силы применяется механизм торцевого согласования с прижимным поршнем (рисунок 2). Давление под поршень подаётся через перепускное отверстие из одной из полостей сжатия. Сила, создаваемая поршнем, должна превышать разжимающее усилие, но не быть излишне большой во избежание повышенного трения и потерь мощности.

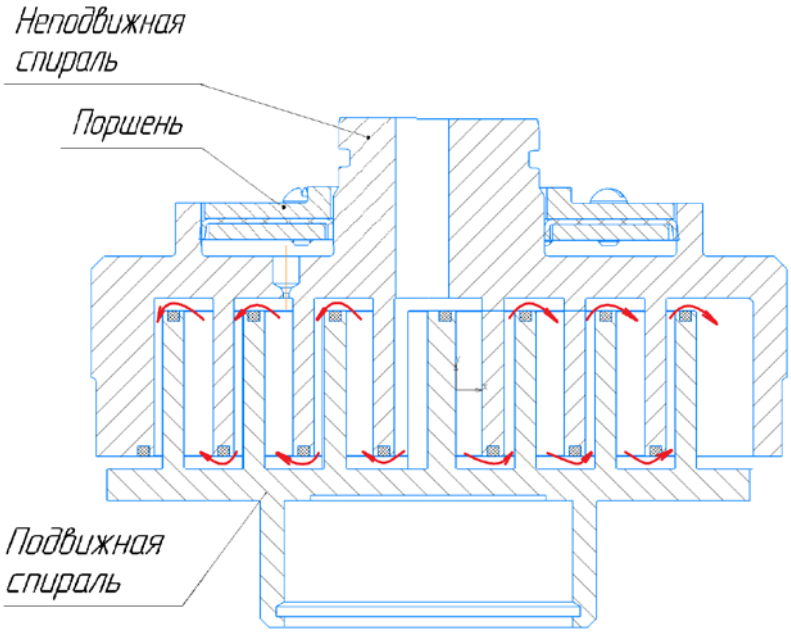


Рис. 2. Перетечки в спиральном блоке

Методика расчёта осевых сил

Целью настоящей работы является разработка методики расчёта осевых сил и определения рационального углового положения перепускного отверстия, а также оценка потерь мощности на трение в торцевом уплотнении.

Геометрия спиралей описывается эвольвентой окружности. Площадь полости всасывания определяется как разность площадей криволинейных секторов неподвижной и подвижной спиралей в пределах точек контакта (рисунок 3).

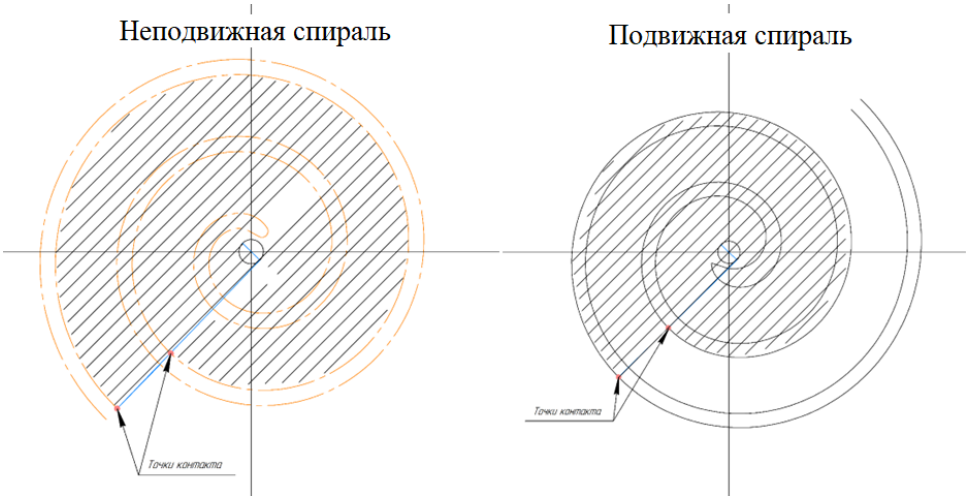


Рис. 3. Площади спиралей

После интегрирования выражения для площади криволинейного сектора получена аналитическая формула:

$$S = r_0^2\pi\,(\pi - \beta)\big(2\varphi_{\text{закр}} - \beta - 3\pi\big), \#(1)$$

где r_0 – радиус начальной окружности; $\varphi_{\text{закр}}$ – угол закрутки внешней эвольвенты; $\beta=\delta/r0$ – угол отставания внутренней спирали от внешней, определяемый толщиной спирали δ.

Для последующих полостей (сжатия и нагнетания) площадь вычисляется аналогично путём смещения угловых границ на 2π для каждой пары полостей (рисунок 4).

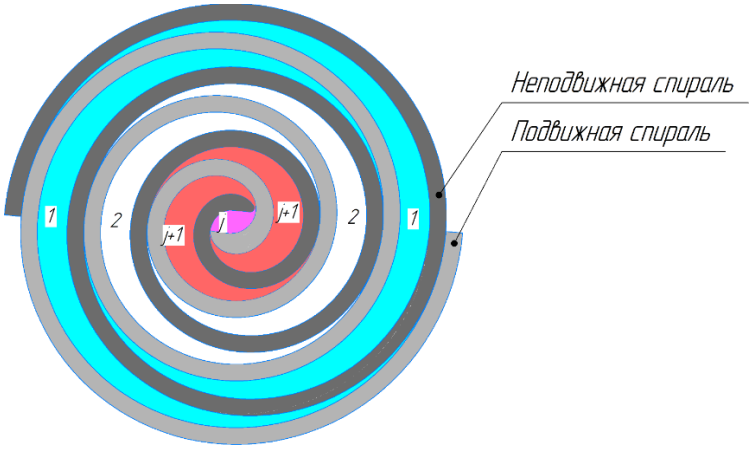


Рис. 4. Нумерация полостей спиралей

Давление в полостях. Давление в i-й полости на текущем угле поворота определяется через коэффициент геометрического сжатия $\varepsilon_i = S_{вс}/S_i$. Для политропного процесса сжатия:

$$P_i = \varepsilon_i^k \cdot P_{вс}, \#(2)$$

где k – показатель политропы. В полостях нагнетания и предшествующих ей давление принимается равным давлению нагнетания.

Осевая сила, разжимающая спирали. Суммарная осевая сила складывается из сил, действующих на торец пера спирали $O_{пер}$ и на каждую рабочую полость O_i. С учётом попарной симметрии полостей для текущего углового положения φ получаем:

$$O_{сумм} = \sum_{k=0}^{\left\lfloor \frac{i}{2\pi} \right\rfloor} (O_{i-2\pi k} \cdot 2) + O_{пер}. \#(3)$$

Максимальное значение этой силы на всём цикле обозначается как O_{max}.

Усилие механизма согласования. Осевое усилие от прижимного поршня определяется давлением, подводимым через отверстие, расположенное между двумя соседними полостями (рисунок 2). Границы допустимого расположения отверстия задаются внутренним $D_ц$ и наружным $D_п$ диаметрами поршня. Угол начала второй полости относительно внутренней эвольвенты:

$$\varphi_н = (\varphi_{закр} - \beta) - 2\pi, рад. \#(4)$$

Сила от поршня $O_п$ вычисляется по среднему перепаду давлений между соседними полостями. К ней добавляется сила от давления нагнетания $O_ц$, действующего на центральную часть неподвижной спирали. Суммарное согласующее усилие:

$$O_{согл\,i} = O_{п\,i} + O_ц. \#(5)$$

Условие герметичности торцевого стыка: $O_{согл} \geq O_{max}$. Варьируя угол $\varphi_н$, можно найти минимальное значение, при котором это условие выполняется.

Расчёт потерь на трение. При касании спиралей друг друга возникает трение, имеющее характер граничного. Сила трения определяется:

$$F_{тр} = \mu \cdot F_н, Н, \#(61)$$

где μ – коэффициент трения; $F_н$ – сила, прижимающая одну спираль к другой.

Проверка методики и результаты

Для проверки разработанной методики расчёты были выполнены для компрессора со следующими исходными данными:

r_0=2,414 мм, δ=4 мм, $\varphi_{закр}$=1345°, α_1= 120°, хладагент R134a, $P_{вс}$=0,367 МПа, $P_н$=1,47 МПа, $D_п$=90 мм, $D_ц$=40 мм.

Расчёты проводились графоаналитическим методом (с построением геометрии в КОМПАС-3D и вычислением площадей) и с помощью специально разработанной программы на языках Python и C++. Сравнение результатов для пяти угловых положений (от 610° до 890°) показано в таблице.

Таблица

Сравнение двух методов расчёта

Угол, град.	Осевая сила O (анал. метод), Н	Осевая сила O (прогр. метод), Н	Погрешность, %
890	2345,78	2328,91	0,72
820	2275,21	2289,2	0,61
750	2235,11	2249,13	0,62
680	2225,96	2240,01	0,63
610	2248,54	2262,61	0,62

Максимальная погрешность определения осевых сил между методами не превысила 0,72 %, что подтверждает корректность математической модели и алгоритма программы.

На рисунке 5 приведён график зависимости осевых сил от угла расположения отверстия при адиабатном процессе сжатия. Точка пересечения кривых соответствует углу. При учёте политропного характера сжатия (показатель политропы n=1,188) требуемый угол смещается к 801°. Расчёт потерь мощности на трение показал, что при смещении отверстия ближе к нагнетанию (с 834° до 754°) потери возрастают примерно на 58 Вт, что коррелирует с экспериментальными данными о росте потребляемой мощности компрессора.

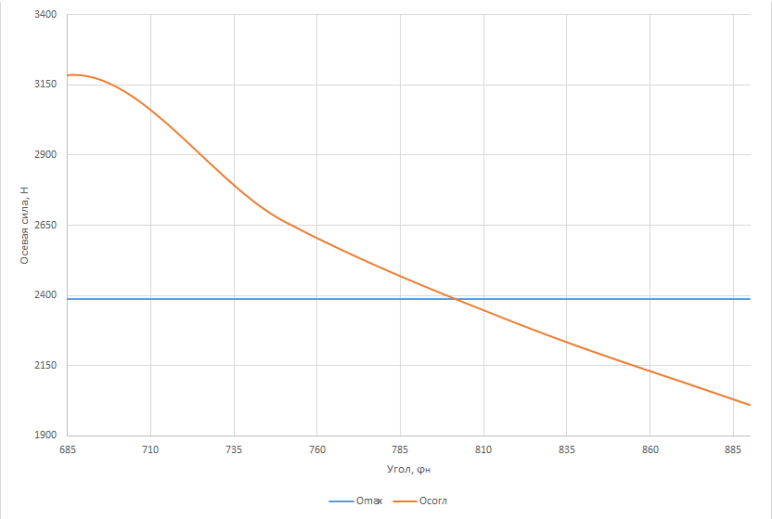


Рис. 5. Зависимость осевых сил согласования от угла расположения отверстия

Установлено, что с увеличением угла закрутки отверстие смещается дальше от нагнетания, а рост радиуса r_0 приводит к его смещению к центру.

Заключение

Разработана инженерная методика расчёта осевых усилий и определения рационального положения перепускного отверстия в узле торцевого согласования спирального компрессора. Методика учитывает реальный (политропный) характер процесса сжатия и позволяет оценить потери мощности на трение. Созданное программное обеспечение обеспечивает высокую точность расчётов (погрешность менее 1 % по сравнению с графоаналитическим методом) и может использоваться для оперативного анализа различных конструктивных вариантов.

Список литературы

1. Балякин В.Б., Сергеев Р.Н., Туктамышев В.С., Федотов С.В. Исследование коэффициента трения фторопласта-4 при различном качестве обработки поверхности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19, № 4. – С. 33–36.
2. Бухмиров В.В., Ракутина Д.Ю., Солнышкова Ю.С., Пророкова М.В. Расчёт политропных процессов идеальных газов. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2018. – 24 с.
3. Кочетова Г.С., Сакун И.А. Состояние и направление развития спиральных компрессоров. – № 383. – М.: ПМБ ЦИНТИхимнефтемаша, 1988. – 54 с.
4. Кузнецов С.И., Рогозин К.И. Справочник по физике. – 2-е изд. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 215 с.
5. Плюшкин Н.Г. Основы теории трения, износа и смазки: учебное пособие. – Красноярск: ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», 2013. – 192 с.
6. Якупов Р.Р., Налимов В.Н. Разработка методики расчёта теоретической производительности спирального компрессора. – Казань: ОП «ТРАКС Казань», 2023. – С. 3–5.

Тимуш А.Д.
студент,
alina.timush2000@yandex.ru
Научный руководитель: ***Ершова В.А.***
к.т.н, доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КАТАЛИЗА, ПРИМЕНЯЕМОЙ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЛАСТИКА

Аннотация. В статье рассматриваются инновационные технологии низкотемпературного катализа, являющиеся перспективным направлением переработки полимерных отходов и решения экологических и экономических задач в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами. Показано, что технология позволяет эффективно перерабатывать загрязнённые полиолефины при пониженных температурах с получением высококачественного термолизата и минимальным воздействием на окружающую среду. Особое внимание уделено технологической схеме процесса и направлениям её совершенствования, включая модернизацию системы очистки отходящих газов за счёт внедрения многоступенчатой схемы газоочистки и автоматизированного экологического контроля.

Ключевые слова: технология низкотемпературного катализа; ТНК; низкотемпературный катализ; вторичная переработка пластика; утилизация отходов пластика.

В настоящее время в процессе переработки твердых коммунальных отходов, инновационные технологии играют ключевую роль в решении проблем «экологичности» переработки и экономической выгоды. Одной из таких передовых технологий является низкотемпературный катализ, который позволяет снизить вредное воздействие на окружающую среду в процессе переработки полиолефинов. Уникальная технология низкотемпературного катализа позволяет работать с загрязненными пластиками, вовлекая в повторный оборот до 100 % отходов полиолефинов, не поддающихся в настоящее время промышленной переработке, обеспечивая на выходе продукцию высокого качества.

Наиболее распространенные пластиковые отходы производятся из полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида. Они составляют более половины всех отходов этой категории. Это связано с их широким распространением и использованием в производстве упаков-

ки, а также разнообразных одноразовых изделий. Из-за сильного загрязнения часть пластиковых отходов непригодна для стандартных методов переработки. [3]

Процесс низкотемпературного катализа подразумевает переработку полиолефинов при пониженных температурах (до 420°C) в присутствии катализаторов. [1]

Технология успешно опробована в процессе многолетней эксплуатации опытно-промышленной установки. В настоящее время проект строительства завода, работающего по технологии ТНК, мощностью 12,5 тыс. тонн вторичных полиолефинов в год, реализуется под кураторством Правительства Санкт-Петербурга Особой экономической зоны «Санкт-Петербург».

Целевым продуктом ТНК является производство термолизата – его получают в процессе переработки полиолефинов, содержащих полимерные материалы, осуществляемом на установках, работающих по технологии низкотемпературного катализа. [2] По своим свойствам эта углеводородная жидкость не имеет природных аналогов и характеризуется высокой чистотой (крайне низким уровнем примеси). [2]

Технология обладает рядом достоинств:

Низкотемпературные процессы требуют меньше энергии для поддержания реакции, что снижает затраты на энергоресурсы и уменьшает выбросы парниковых газов.

Работа при более низких температурах может снизить риски, связанные с высокотемпературными процессами, такими как взрывы или повреждение оборудования.

Снижение температуры процесса может уменьшить образование вредных побочных продуктов и выбросов, что делает технологию более экологически чистой.

Низкотемпературные каталитические процессы могут быть адаптированы для различных типов реакций и промышленных процессов, что делает их универсальными.

Каталитический крекинг осуществляется в испарительных реакторах с циркуляцией реакционной массы через печи огневого нагрева для компенсации тепловых потерь. Предварительно сырьё растворяют в углеводородном растворителе (1:2 мас.) и очищают от нерастворимых примесей фильтрацией.

Образующиеся углеводороды выводятся из реактора в паровой фазе, охлаждаются и разделяются в сепараторе. Тяжёлая фракция возвращается в процесс в качестве растворителя, а газообразные продукты используются как топливо. [2]

Очистка газов, не вовлекаемых обратно в цикл, от хлороводорода осуществляется в газонейтрализаторе с использованием раствора NaOH.

Существенным направлением совершенствования технологии низкотемпературного катализа является модернизация системы очистки отходящих газов. В процессе переработки загрязнённых полимерных отходов, особенно содержащих примеси поливинилхлорида (ПВХ), образуются хлорсодержащие соединения, прежде всего хлороводород (HCl), а также органические токсичные компоненты и остаточные углеводороды. В существующей технологической схеме очистка осуществляется с использованием щелочного раствора NaOH, однако этого

При одностадийной очистке в газонейтрализаторе концентрация хлороводорода (HCl) на выходе соответствует «следовым значениям» и не превышает норматив ПДК (0,2 мг/м³ максимально-разовая). При этом массовый выброс составляет 0,000555556 кг/ч, что при фонде работы оборудования 8000 ч/год соответствует 0,00444 т/год.

Формула для расчёта концентрации:

$$C = \frac{G}{V}, \#(1)$$

где: C– концентрация вещества, мг/м³; G– массовый выброс, кг/ч; V– расход газового потока, м³/ч.

при:

$G = 0.000555556$ кг/ч,

$V = 10000$ м^3/ч.

Расчётная средняя концентрация HCl в очищенном газе составляет:

$$C = \frac{0.000555556 \cdot 10^6}{10000} = 0.0556 \text{ мг/м}^3$$

Значения не превышают ПДК, однако данная система очистки недостаточна для полного удаления всех загрязняющих веществ.

Для повышения экологической эффективности предлагается внедрение многоступенчатой системы газоочистки, включающей имеющуюся абсорбцию щелочным раствором, адсорбцию на активированном угле и последующую каталитическую доочистку (в присутствии кислорода воздуха).

Установка адсорбера с активированным углем позволит удалять до 85–95 % летучих органических соединений. Очистка газа в каталитическом окислительном реакторе позволит снизить содержание CO на 90–95 %.

Дополнительно целесообразно внедрение систем автоматизированного мониторинга состава отходящих газов (установка датчиков). Реализация данных мероприятий позволит существенно снизить выбросы вредных веществ и повысить экологическую безопасность процесса.

Таким образом, технология низкотемпературного катализа представляет собой перспективное направление переработки полимерных отходов, позволяющее эффективно утилизировать загрязнённые полиолефины с получением высококачественного термолизата при сниженных энергетических затратах и минимальном воздействии на окружающую среду. Реализация процесса характеризуется высокой степенью вовлечения вторичного сырья, повышенной промышленной безопасностью и универсальностью применения. Особое значение имеет совершенствование системы очистки отходящих газов за счёт внедрения многоступенчатой схемы (абсорбция, адсорбция, каталитическая доочистка), а также автоматизированного контроля выбросов и замкнутого цикла реагентов, что позволяет существенно повысить экологическую эффективность технологии и расширить перспективы её промышленного внедрения.

Список литературы

1. Евразийский патент № 047242. Способ и устройство получения углеводородов из полимерных отходов. – Опубл. 15.03.2024.

2. Проектная документация. Раздел 13. Иная документация... Том 13.2 / 11/1220-ОВОС. – СПб., 2024.

3. ТУ 20.59.59-001-13820093-2024. Термолизат ТИП 1. – СПб., 2024.

Липатова Е.С., Марюшкина А.А.
студенты,
yelizaveta171@gmail.com
Научный руководитель: ***Назарова Н.Б.***
к.б.н., доцент,
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет,
Россия, Саранск

ПОЛУЧЕНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ГНОЙНЫХ РАН

Аннотация. Получены мягкие лекарственные формы и биокомпозиционные материалы на основе бактериальной целлюлозы с добавлением экстракта, выделенного из слоевища лишайника *Cladonia sylvatica*. Изучены антибактериальные свойства полученных материалов. Показана их антибактериальная активность в отношении микроорганизмов, наиболее часто встречающихся в инфицированных ранах. Установлено, что гидрогелевый композит на основе бактериальной целлюлозы является более эффективным по сравнению с мазевыми формами, обеспечивая лучшее высвобождение и доступность действующих веществ.

Ключевые слова: гнойная рана, антибиотикорезистентность, экстракт лишайника, полисахариды, бактериальная целлюлоза, композиты, антибактериальные свойства.

Рана – нарушение анатомической целостности покровных или внутренних тканей на всю их толщину, а иногда также и внутренних органов, вызванное механическим воздействием. Гнойные раны представляют собой серьезную проблему в современной медицине, так как инфекции, возникающие в результате повреждения тканей, приводят к серьезным осложнениям. Традиционные методы лечения, основанные на использовании антибиотиков, сталкиваются с вызовами, связанными с ростом антибиотикорезистентности патогенных микроорганизмов. Все это создает необходимость поиска новых антимикробных малотоксичных или нетоксичных соединений с улучшенными фармакологическими свойствами и новыми механизмами действия, к которым у микроорганизмов не формировалась бы устойчивость.

В настоящее время наблюдается стремительный рост научных исследований, посвященных бактериальным экзополисахаридам, которые благодаря своим уникальным свойствам имеют огромные перспективы использования в качестве основы полифункциональных материалов нового поколения [4]. Особое внимание привлекает бактериальная целлюлоза (БЦ), которая, обладая такими свойствами, как высокая механическая прочность, высокая степень кристалличности, большая площадь поверхности, высокая водоудерживающая способность, биосовместимость и т.д. [5], может выступать в качестве идеального раневого покрытия. БЦ способна поддерживать оптимальный баланс влажности, обеспечивающий заживление; хорошо пропускать жидкости и газы; впитывать продукты распада тканей. Кроме того, БЦ является фактически непреодолимым физическим барьером для инфекции, представляя собой уникальную матрицу-носитель для разнообразных лекарственных препаратов, в том числе с антибактериальным и регенерирующим действием. Вместе с тем собственными противомикробными, каталитическими, антиоксидантными и электромагнитными свойствами БЦ не обладает, что ограничивает ее самостоятельное применение, но дает возможность к ее модификации и созданию биокомпозиционных материалов на ее основе [6].

Наряду с современными раневыми покрытиями в терапии гнойных ран широко применяются мягкие лекарственные формы, прежде всего мази, эффективность которых зависит от ряда факторов.

При изготовлении мягких лекарственных форм главной задачей является правильный подбор основ и оптимальной технологии изготовления, необходимых для реализации всех требований. Фармакологическая эффективность лекарственных форм определяется правильным выбором мазевой основы, которая влияет на скорость и степень высвобождения активного ингредиента. Липофильные основы, нерастворимые в воде и других полярных жидкостях, как правило, характеризуются более медленным высвобождением активных веществ, так как они удерживаются в жирной среде, но при этом способствуют более длительному действию и лучшему проникновению через кожный барьер. Гидрофильные основы, растворимые в воде и смешивающиеся с другими полярными жидкостями, обеспечивают быстрое высвобождение активных веществ, так как они хорошо растворяются в воде. Из-за быстрого высвобождения, действие таких мазей часто бывает кратковременным, поэтому они требуют более частого применения. Таким образом, эффективность мягких лекарственных форм определяется не только типом основы, но и свойствами используемых антибактериальных компонентов.

В контексте поиска новых антимикробных субстанций исследования идут в трёх направлениях: выделение веществ природного происхождения, химическая модификация молекул известных антибиотиков и, наконец, поиск соединений с антимикробной активностью среди новых химических структур, как правило, синтетических, не имеющих аналогов в живой природе. Менее всего кандидатов в лекарственные препараты получали до настоящего времени из природных объектов, поэтому сегодня им уделяется особо пристальное внимание.

В качестве антибактериального вещества природного происхождения могут быть использованы различные кислоты, содержащиеся в талломах лишайника. Всего известно порядка 500 соединений лишайниковых веществ, из которых наиболее часто встречаемым у лишайников и хорошо изученным является усниновая кислота [2, 3, 10].

Усниновая кислота – это кислородсодержащее гетероциклическое соединение, по структуре относящееся к дибензофуранам. Ее антимикробная активность распространена в

большей мере на грамположительные бактерии, но также отмечается действие против грамотрицательных бактерий.

Целью данного исследования являлось получение мягких лекарственных форм и гидрогелей на основе бактериальной целлюлозы и других биосовместимых полисахаридов, где в качестве антибактериального компонента использовался экстракт слоевища лишайника *Cladonia sylvatica.*

Объектами исследования являлись гель-пленка бактериальной целлюлозы, полученная при культивировании штамма продуцента *Komagataeibacter (Gluconacetobacter) sucrofermentans* Н-110 (ВКПМ В-11267), экстракт, выделенный из слоевища лишайника *Cladonia sylvatica*, а также мягкие лекарственные формы и гидрогели, полученные с их добавлением.

Для получения биокомпозитов в виде гидрогеля на основе бактериальной целлюлозы и экстракта лишайника, пленку бактериальной целлюлозы, полученную путем культивирования штамма продуцента *Komagataeibacter (Gluconacetobacter) sucrofermentans* Н-110 пропитывали экстрактом в течении 24 часов. Экстракт был получен путем экстрагирования 70 % этиловым спиртом с последующим выпариванием на роторном испарителе.

Антибактериальную активность определяли методом диффузии в агар. Метод основан на способности веществ диффундировать в питательную среду и образовывать зоны, в которых не развиваются тест – микроорганизмы.

В ходе работы были приготовлены различные мазевые и гелевые составы гидрофильного и гидрофобного типов.

Образцы готовили по стандартным технологическим схемам, с учетом природы используемых основ (гидрофильных и гидрофобных). Состав мазевых и гелевых форм представлен в таблице 1. Выбор компонентов и их соотношений был обусловлен необходимостью обеспечения оптимальных реологических свойств, стабильности и высвобождения действующего вещества.

Таблица 1

Состав мягких лекарственных форм с действующим антибактериальным веществом

Ингредиенты	**Функциональное назначение**	**Номер состава**			
		1	**2**	**3**	**4**
		Содержание ингредиента, г			
Лекарств. в-во (усниновая к-та)	Действующее в-во, обладающее антибактериальным действием	1	1	1	1
Вазелин	Растворитель, основа	90			
Парафин	Уплотнитель		22,5		
Масло подсолн.	Растворитель, основа		67,5		
Ксантан	Гелеобразователь			2	
Альгинат	Гелеобразователь				2
NaOH 10 %	Нейтрализующий агент			1,8	1,8
Глицерин / Твин 80	Эмульгатор	3	3	3	3
Вода	Растворитель	до 100 мл			

Исследование антибактериальной активности полученных мягких лекарственных форм (табл. 2) показало, что образцы № 3 и № 4, полученные на гидрофильной основе, проявляют более выраженное антимикробное действие по сравнению с образцами № 1 и № 2 на гидрофобной основе. Вероятно, это связано с более высокой скоростью высвобождения действующего вещества из гидрофильной матрицы.

Таблица 2

Противомикробная активность исследуемых составов

№	Наименование исследуемого образца	Зона подавление роста, мм	
		Staphylococcus aureus	*Pseudomonas aureofaciens*
1	Основа № 1 с 1 % экстрактом лишайника	2±0,5	1±0,3
2	Основа № 2 с 1 % экстрактом лишайника	5,0±0,5	4,0±0,5
3	Основа № 3 с 1 % экстрактом лишайника	15±0,3	12±0,5
4	Основа № 4 с 1 % экстрактом лишайника	11±0,5	9±0,5

Исходя из данных таблицы, можно отметить, что наибольшая антибактериальная активность наблюдается в отношении к *Staphylococcus aureus.* Зона задержки роста при этом составила (15±0,3) мм для образца № 3 и (11±0,5) мм для образца № 4. В отношении *Pseudomonas aureofaciens* антибактериальная активность также проявлялась, но была незначительной, что может быть связано с особенностями клеточной стенки грамотрицательных бактерий.

Помимо мазевых основ, были получены и исследованы биокомпозиционные материалы в форме гидрогелей на основе бактериальной целлюлозы с добавлением экстракта лишайника.

Исходя из представленных на рисунке данных, можно отметить, что полученные биокомпозиты в форме гидрогелей проявляют более высокую антибактериальную активность по сравнению с традиционными лекарственными формами. Так, зона отсуствия роста в случае гидрогелей составила (20±0,5) мм для *Staphylococcus aureus и* (15±0,3) мм для *Pseudomonas aureofaciens.*

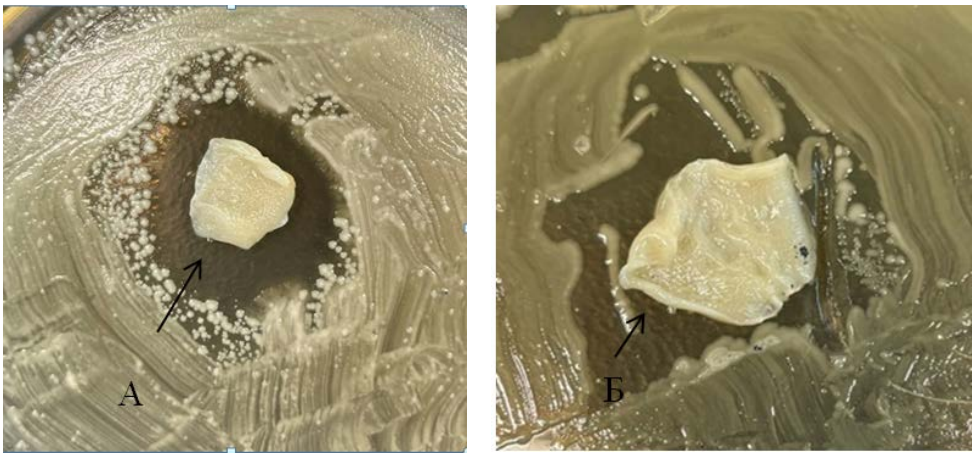


Рис. Антибактериальная активность гидрогеля на основе БЦ со спиртовым экстрактом ***C.*** *Sylvatica:*
А – Антибактериальная активность по отношению к S. Aureus;
Б – Антибактериальная активность по отношению к P. aureofaciens

Полученные результаты свидетельствуют о включении антибактериального компонента (предположительно усниновой кислоты) в матрицу бактериальной целлюлозы, что способствует повышению биодоступности действующего вещества, вероятно за счет более равномерного распределения и пролонгированного высвобождения.

Таким образом, в ходе исследований были получены биокомпозиционные материалы в форме гидрогелей и мягких лекарственных форм. Показано, что используемые экстракты обладают выраженной антибактериальной активностью преимущественно в отношении грамположительных микроорганизмов. Установлено, что гидрогелевый композит на основе бактериальной целлюлозы является более эффективным по сравнению с традиционными мазевыми формами, обеспечивая лучшее высвобождение и доступность действующих веществ. Разработанные биокомпозиты с включенными в их состав экстрактами представляют интерес как перспективные средства для лечения гнойно-воспалительных ран.

Список литературы

1. Krasnova E. B., Bronstein A.Y., Microbial landscape of wound contents depending on etiology // Health. Medical ecology. 2016. P. 12-14. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ mikrobnyy peyzazh ranevogosoderzhimogo-v-zavisimosti-ot-etiologii
2. Luzina, O. A., Salakhtudinov O.A. Biological Activity of Ossic acid and its Derivatives // Bioorganic Chemistry. 2016. Vol. 42. P. 276. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?doi=10.7868/S0132342316030106
3. Piccirillo C., Demiray S., Silva Ferreira A. Chemical composition and antibacterial properties of stem and leaf extracts from Ginja cherry plant // Industrial Crops and Products. 2013. Vol. 43. P. 569. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669012004700
4. Revin V.V., Liyaskina E.V. Production of bioprocessing materials based on bacterial exopolysaccharides // Actual Biotechnology. 2025. Vol 1. P. 17. https://doi.org/10.20914/2304-4691-2025-1-17-17
5. Revin V.V., Liyaskina E.V., Nazarkina M. I. Obtaining bacterial cellulose from food industry waste // Actual Biotechnology. 2014. P. 112. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22696678
6. Revin V.V., Liyaskina E.V., Parchaykina M.V., Kuzmenko T.P., Kurgaeva I.V., Revin V.D., Ullah M.W. Bacterial Cellulose-Based Polymer Nanocomposites: A Review // Polymers. 2022. V. 14. P. 4670. URL: https://doi.org/10.3390/polym14214670
7. Revin V.V., Liyaskina E.V., Parchaykina M.V., Nazarova N.B., Zavarykina A.V. Bacterial exopolysaccharides as a basis for producing new generation functional materials for industry and medicine // Current Biotechnology. 2024. Vol. 1. P. 58. https://doi.org/10.20914/2304-4691-2024-1-58
8. Sapunova N.B., Bogatyreva A.O., Revina N.V. Biomaterials based on bacterial cellulose for regenerative medicine // Genes and Cells. 2019. Vol. 14. P. 205–206. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?edn=aetlob
9. Tabaldyev, A. T. Modern Methods of Treating Purulent Wounds and Their Effectiveness // Clinical Medicine. 2022. Vol. 2. – P. 15–18. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-metody-lecheniya-gnoynyh-ran-i-iheffektivnost
10. Vorobyeva, E. V., Drozdova E.V. Research of the Antioxidant Properties of Oleanolic Acid and Its Reextracts // StroyMediaProject. 2023. Issue 19. P. 69–83. – URL: https:// catalog.belstu.by/catalog/books/doc/232567

Литвинов Д.А.
студент
Научные руководители: ***Нурмухаметов А.Т.***
к.т.н. доцент
Попов А.Г.
к.т.н. доцент
Деморецкий Д.А.
д.т.н. профессор,
Самарский государственный технический университет,
Россия, Самара
ttxb@samgtu.ru

РАЗРАБОТКА МАКЕТА РАЗРЫВНОГО ЗАРЯДА МОДУЛЬНОГО ТИПА

Аннотация. В статье рассмотрена проблема повышения эффективности разрывных зарядов (РЗ) против современной тяжело- и легкобронированной техники, и живой силы противника. Предложено использование модульных БП для комбинированного воздействия на цель. Проведены испытания на заброневое воздействие и зажигательную способность модульного взрыво-зажигательного заряда. Показано, что модульные заряды перспективны для снаряжения дронов в условиях динамично изменяющейся обстановки.

Ключевые слова: разрывной модульный заряд, поражающий элемент, кумулятивная облицовка, зажигательная способность, беспилотные летательные аппараты.

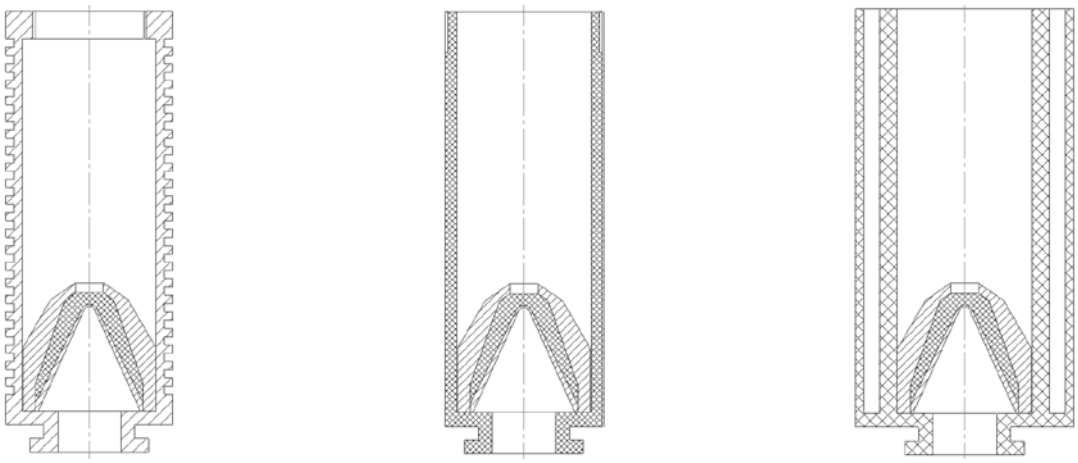
Введение

Современные локальные конфликты демонстрируют стремительный рост роли ударных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [1]. Одной из ключевых проблем эксплуатации таких устройств является необходимость поражения широкого спектра целей – от живой силы и небронированной техники до укрепленных фортификационных сооружений и тяжелой бронетехники. Традиционный подход с использованием узкоспециализированных средств поражения ограничивает гибкость применения дронов в динамично меняющейся обстановке. А кустарная модификация таких РЗ на месте, зачастую несет смертельную опасность.

Решением приведенной проблемы являются модульные РЗ. Основной идеей является создание универсальной платформы, позволяющей изменять конфигурацию изделия непосредственно перед вылетом. Модульность реализуется за счет сменных боевых частей (БЧ) и возможности их комбинирования. Это позволит подобрать оптимальное воздействие в зависимости от типа цели, поставленной задачи и боевой обстановки.

Целью работы является проектирование макета разрывного заряда модульного типа.

Для поражения легко бронированной техники, а также уязвимых мест тяжело бронированной техники применяются модули с кумулятивной БЧ [3]. В качестве основного кумулятивного заряда используются готовые промышленные кумулятивные перфораторы. Схемы, основных кумулятивных модулей представлены на рис. 1.



А Б В

Рис. 1. Схемы вариантов исполнения кумулятивного модуля:
А – корпус с заданным дроблением; Б – штатная конструкция корпуса;
В – корпус с готовыми поражающими элементами

Осколочные модули оптимизированы для создания плотного осколочного поля поражающих элементов. Количество поражающих элементов, расположенных в корпусе, составляет около 400 шт.

Универсальный корпус предлагается для наполнения любыми доступными активными веществами, зажигательной смесью или термобарическим составом.

На рис. 2 представлены варианты исполнения осколочных модулей для поражения легко бронированной техники и живой силы противника.

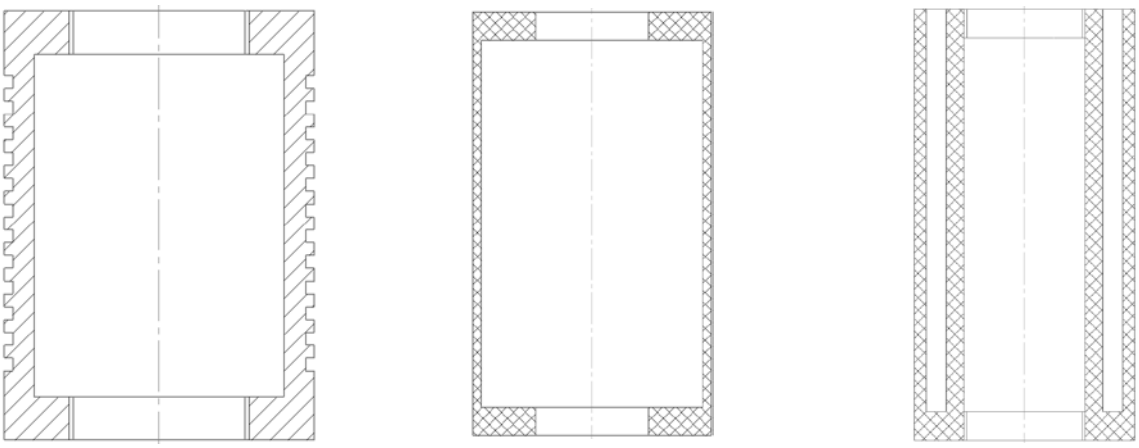


Рис. 2. Схемы вариантов исполнения осколочных модулей:
А – корпус с заданным дроблением; Б – корпус универсальный;
В – корпус с готовыми поражающими элементами

На рис. 3 представлен общий вид модулей в едином боеприпасе, способный поражать как технику, так и живую силу противника.

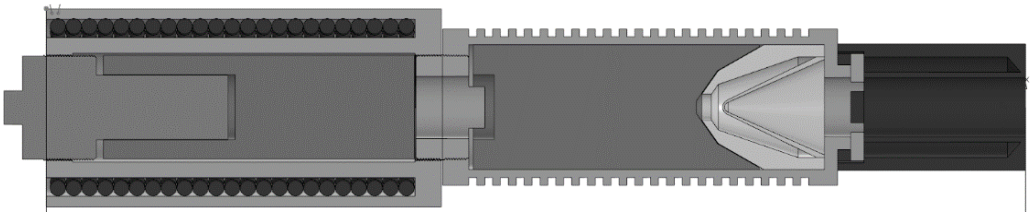


Рис. 3. Вариант соединения модулей в единый БП

Для осуществления зажигательного действия предлагается использовать фокусную подставку с наполнением ГПЭ или активными веществами [2].

Для подтверждения работоспособности разработанных макетов были испытаны 3 кумулятивных модуля со штатным корпусом, но с разным наполнением фокусных подставок.

Первым было проведено испытание на запреградное воздействие, в ходе которого на штатный корпус была присоединена фокусная подставка, наполненная ПЭ. Внешний вид и схема мишенной обстановки представлены на рис. 4

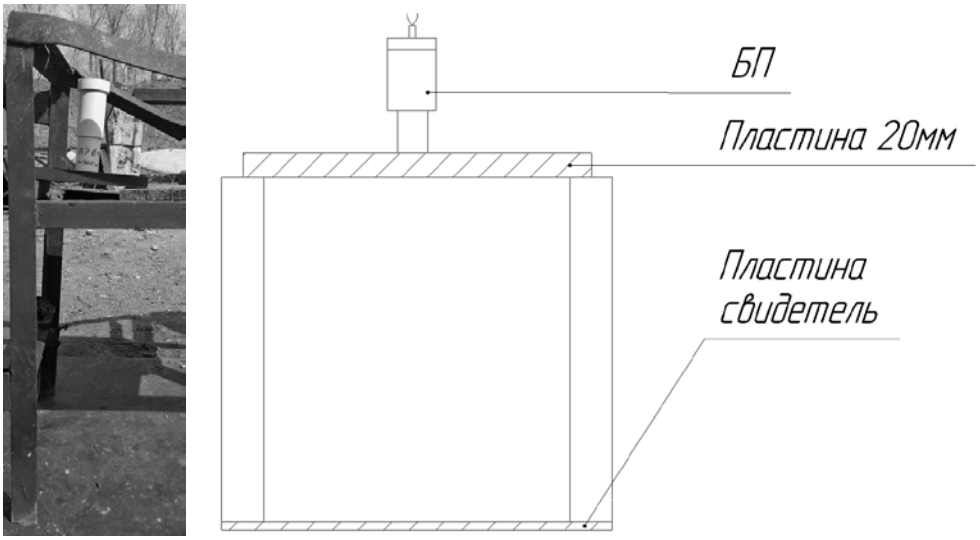


Рис. 4. Внешний вид и схема мишенной обстановки

В результате испытания была пробита 20 мм пластина. Результат заноса осколков за броню представлен на рис. 5.

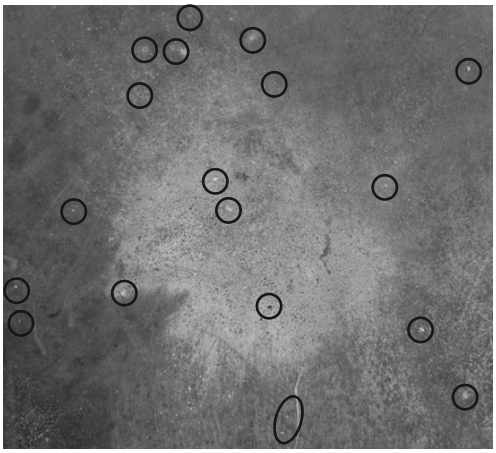


Рис. 5. Результат заноса осколков.

Вторым испытанием стало определение зажигательной способности кумулятивного БП. Был использован штатный корпус с пустой присоединенной фокусной подставкой. На пластину-свидетель положили смоченную в ДТ ветошь. Результат испытания на рис. 6.

Рис. 6. Результат испытания.

Второе испытание на зажигательную способность проводилось с использованием фокусной подставки, наполненной активным веществом. Результат на рис. 7.

Рис. 7. Результат испытания фокусной поставки с активным веществом

Выводы

В результате проведения исследования предложено введение в эксплуатацию модульного разрывного заряда, состоящего из осколочного и кумулятивного узла. Рассмотрены различные постановки параметров корпуса обоих модулей. Выявлено, что наибольшей перспективностью обладает осколочный модуль, содержащий готовые поражающие элементы, и кумулятивный модель с штатным корпусом. Разработана 3D-модель модульного РЗ в сборе. Проведены испытания кумулятивного модуля. По итогам исследования выявлено, что применение разработанного модуля обеспечивает зажигательное действие, при этом снаряжение фокусной подставки ПЭ не целесообразно ввиду малого процента заноса ПЭ в заброневое пространство и слабые отметины, что свидетельствует о низкой начальной скорости ПЭ. Опыт на зажигательную способность показал высокую зажигательную способность изделия как с пустой фокусной подставкой, так и с подставкой, снаряженной активными веществами. В случае наполнения подставки данными веществами, увеличилось бронепробитие. Ветошь, которая в первом случае осталась на месте, во втором случае воспламенилась и разлетелась на куски, радиус разлета горящей ветоши составил 8 м. Это показывает высокую эффективность кумулятивных боеприпасов с включением в их конструкцию фокусной подставки, снаряженной активным веществом. Рекомендуется дальнейшая разработка зарядов на этой основе.

Список литературы

1. Вытовтов А. В., Калач А. В., Разиньков С. Ю. Современные беспилотные летательные аппараты // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2015. – С. 70–74.

2. Файзуллина М. Р., Поздеева А. М., Поздеева Ю. М., Игнатьева Т. А. Перспективные энергонасыщенные материалы для комплексных перфорационных систем // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21, № 8. – С. 87–91.

3. Федоров С.В., Ладов С.В., Никольская Я.М. Сравнительный анализ формирования кумулятивных струй из конических и полусферических облицовок // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2018. – № 1 (73). – С. 1–18.

Белякова Е.С., Терехин О.А.
студенты,
katenka171003@gmail.com
Научный руководитель: ***Богатырева А.О.***
к.б.н., доцент,
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет,
Россия, Саранск

АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПРИРОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ И ИХ ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В БИОПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХ

Аннотация. В работе получены новые композиционные материалы из бактериальной целлюлозы и природных экстрактов *S. officinalis L., A. absinthium* и *C. rangiferina*. Установлено, что все экстракты проявляют антибактериальную активность. Наиболее выраженный эффект наблюдался для кладонии, что обусловлено присутствием усниновой кислоты. Показано, что включение экстрактов в пленки целлюлозы приводит к усилению антибактериального эффекта на 8–20 % и обеспечивает пролонгированное высвобождение. Полученные результаты подтверждают перспективность разработки биополимерных материалов на основе природных экстрактов.

Ключевые слова: растительные экстракты; лишайники; усниновая кислота; антибактериальная активность; антибиотикорезистентность; природные соединения.

В последние годы проблема антибиотикорезистентности приобретает глобальный характер, что обусловливает необходимость поиска новых антимикробных средств природного происхождения [2,7].

В связи с растущей устойчивостью патогенных и условно-патогенных микроорганизмов к существующим синтетическим антибиотикам в настоящее время требуются разработка новых лекарственных препаратов и поиск антибиотиков растительного происхождения. В качестве перспективного источника сырья для препаратов с противобактериальными свойствами рассматриваются лишайники, а также лекарственные растения [1].

В последнее время активно проводится изучение фармакологических свойств лишайников, включая их противовирусный, антибиотический и противоопухолевый потенциал [4].

Растения и лишайники являются источником биологически активных соединений, таких как флавоноиды, фенольные соединения, дубильные вещества, которые обладают выраженными антимикробными свойствами [6].

Среди лишайниковых метаболитов наиболее изученными считаются лишайниковые кислоты. Усниновая кислота, распространенный фенольный вторичный метаболит лишайников, в настоящее время используется в качестве антибиотика широкого спектра действия: ее натриевая соль используется для лечения ран, ожогов и трещин [4].

Вышеназванные соединения способны подавлять рост патогенных микроорганизмов и могут рассматриваться как перспективные компоненты для разработки новых лекарственных средств [5].

В последние годы особое внимание уделяется разработке биополимерных материалов, в частности гидрогелевых плёнок на основе бактериальной целлюлозы, применяемых в медицине и фармацевтике. Такие материалы могут служить матрицей для иммобилизации биологически активных веществ и обеспечивать их контролируемое высвобождение [3]. В связи с этим актуальным является исследование антибактериальной активности природных экстрактов как потенциальных компонентов биополимерных композитов.

Целью данной работы являлась оценка антибактериальной активности экстрактов растительного и лишайникового происхождения для включения этих экстрактов в гидрогелевые композиты.

В качестве объектов исследования использовали экстракты корневищ и корней *Sanguisorba officinalis L.*, травы *Artemisia absinthium* и лишайника *Cladonia rangiferina*.

Экстракцию проводили методом мацерации с использованием 70 %-ного этилового спирта в соотношении сырья и экстрагента 1:20 с последующим настаиванием в течение 24 часов. Полученные экстракты фильтровали и концентрировали путем выпаривания растворителя.

Антибактериальную активность оценивали методом диффузии в агаре. В качестве тест-культур использовали *Staphylococcus aureus* и *E. coli*. В агаре формировали лунки диаметром 5–7 мм, в которые вносили исследуемые экстракты. Чашки инкубировали при температуре 35 °С в течение 24 часов, после чего измеряли зоны задержки роста микроорганизмов.

Полученные экстракты встраивали в пленки из бактериальной целлюлозы, как эффективной матрицы с пролонгированным эффектом путем сорбции. Фрагмент подготовленной пленки диаметром 10 мм, помещали в стерильных условиях в исследуемые растворы на 24 часа.

Для определения антибактериальной активности гидрогелей, с включенными в них экстрактов кровохлебки *S. officinalis L.* и лишайника *C. rangiferina* осуществили при помощи метода диффузии на поверхности агара гидрогеля.

Получив растительные и лишайниковые экстракты, оценивали их антибактериальную активность. Полученные данные представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

Сравнение антибактериальной активности растительных экстрактов по отношению к тест-микробам

Вид экстрагируемого сырья	Зоны задержек роста по отношению к тест-микроорганизмам, мм	
	E. coli	***S. aureus***
S. officinalis L.	13,2±0,4	16,4±0,6
A. absinthium	11,1±0,3	11,2±0,3
C. rangiferina	15,2±0,4	20,4±0,5
Контроль – Этиловый спирт	-	1,0±0,2

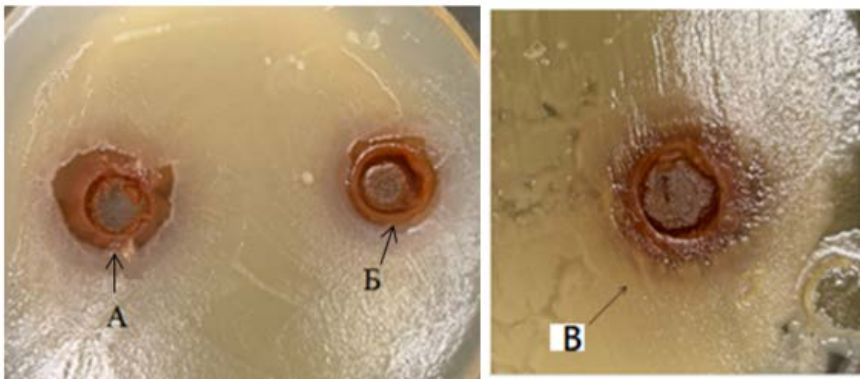


Рис. 1. Зоны задержки роста S. aureus в результате антибактериальной активности экстрактов кровохлебки лекарственной (А), полыни горькой (Б), кладонии лесной (В)

Анализ антибактериальной активности показал, что все исследуемые экстракты обладают ингибирующим действием в отношении тест-микроорганизмов (*Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*).

Наибольшая активность была выявлена для экстракта *Cladonia rangiferina*, для которого диаметр зон задержки роста составил 15,2±0,4 мм для *E. coli* и 20,4±0,5 мм для *S. aureus*. Высокая эффективность данного экстракта обусловлена наличием усниновой кислоты, обладающей выраженным антимикробным действием.

Экстракт *Sanguisorba officinalis L.* продемонстрировал умеренную антибактериальную активность (13,2±0,4 мм и 16,4±0,6 мм соответственно), что может быть связано с высоким содержанием дубильных веществ, оказывающих бактериостатическое действие.

Наименьшая активность наблюдалась у экстракта *Artemisia absinthium* (11,1±0,3 мм и 11,2±0,3 мм), что, вероятно, обусловлено меньшей концентрацией активных компонентов или их ограниченной диффузией в агаре.

Поскольку полынь обладала наименьшей активностью, то для дальнейшей работы взяли экстракт кровохлебки и кладонии.

Пленку БЦ поместили на 24 ч в экстракты кровохлебки лекарственной *S. officinalis L.* и кладонии лесной *C. rangiferina*, затем поместили в чашку Петри на поверхность агара с тест-микроорганизмами *S. aureus* и *E. coli* при 37 °С соответственно и оставили на 1 сутки.

В результате оценки антимикробных свойств получилось, что все гидрогели имели зоны задержки роста. Результаты отображены на рисунке 2, в таблице 2.

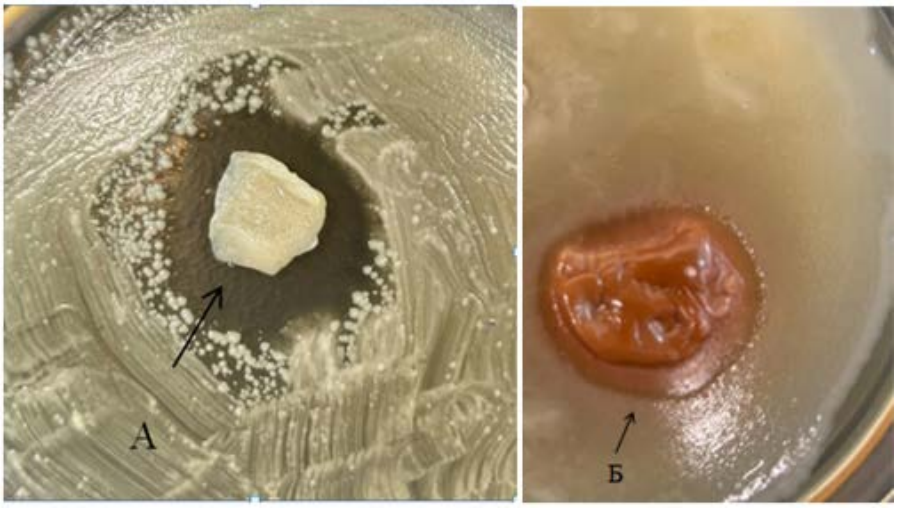


Рис. 2. Антибактериальная активность гидрогеля:
А – с экстрактом C. Rangiferina; Б – с экстрактом S. officinalis L. по отношению к S. aureus

Таблица 2

Антибактериальная активность гидрогелей с экстрактами кровохлебки лекарственной S. officinalis L. и кладонии лесной C. rangiferina

Гидрогель с включенным в него видом экстрагируемого растения	**Зоны задержек роста по отношению к тест-микроорганизмам, мм**	
	E. coli	***S. aureus***
Гидрогель со спиртовым экстрактом *S. officinalis L.*	15,20±0,50	20,50±0,15
Гидрогель со спиртовым экстрактом *C. rangiferina*	18,20±0,25	22,10±0,25

При включении экстрактов в пленки на основе бактериальной целлюлозы отмечено увеличение антибактериального эффекта. Так, гидрогель с экстрактом *Cladonia rangiferina* обеспечивал зоны ингибирования до 22,1±0,25 мм, что превышает активность исходного экстракта. Аналогичная тенденция наблюдалась для *Sanguisorba officinalis L.* Полученные результаты свидетельствуют о том, что иммобилизация экстрактов в биополимерной матрице способствует усилению и пролонгации их антимикробного действия.

С учетом проблемы антибиотикорезистентности, особый интерес представляет усниновая кислота, обладающая широким спектром антимикробной активности. Использование таких соединений в составе гидрогелевых пленок на основе бактериальной целлюлозы открывает перспективы создания эффективных материалов с контролируемым высвобождением для медицинского применения.

Список литературы

1. Лаврентьева М. П. Экстракция усниновой кислоты из смеси лишайников рода Usnea // Молодой ученый. 2022. № 22 (417). С. 5–10. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=48641753.

2. Михалева Т.В., Захарова О.И., Ильясов П. В. Антибиотикорезистентность: современные подходы и пути преодоления // Прикладная биохимия и микробиология. 2019. Т. 55, № 2. С. 123-132. URL: https://sciencejournals.ru/view-article/?j=prikbio&y=2019&v=55&n=2&a=PrikBio1902011Mikhaleva.

3. Ревин В.В., Лияськина Е.В., Богатырева А.О., Назарова Н.Б., Упыркина Е.С., Кургаева И.В., Василов Р.Г. Нанокомпозиты на основе бактериальной целлюлозы // Нанотехнологии в России. 2023. Т. 18, № 1. URL: https://sciencejournals.ru/view-article/?j=nano&y=2023&v=18&n=1&a=Nano2301010Revin

4. Соловьева М. И., Кузьмин С. С. Сравнительное исследование антиоксидантной и антимикробной активности лишайников *Cetraria islandica* (L.) и *Cladonia arbuscula* (Wallr.) // ВЕСТНИК СВФУ. 2022. № 1(87). С. 12–18. URL: https://www.s-vfu.ru/universitet/rukovodstvo-i-struktura/strukturnye-podrazdeleniya/dnii/vestnik-svfu/pv/numbers-187-article-view-12-18.pdf.

5. Carrasco F., Hernández W., Castro N., Guerrero M,, Tamariz-Angeles C., Olivera-Gonzales P., Echevarría-Rodríguez D., Raposo C., Silva L.A., Rodilla J.M Identification and determination of usnic acid and fatty acid from various lichen species in Arequipa Peru, as well as antibacterial and antioxidant capacity / F., W., N. [et al.]. – Текст: электронный // Heliyon. 2024. Vol. 10(21). P. 39703. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39512456/.

6. Oulahal N., Degraeve P. Phenolic-Rich Plant Extracts With Antimicrobial Activity: An Alternative to Food Preservatives and Biocides? // Frontiers in Microbiology. 2022. Vol. 12. URL: https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2021.753518/full.

7. Peterson E., Kaur P. Antibiotic Resistance Mechanisms in Bacteria: Relationships Between Resistance Determinants of Antibiotic Producers, Environmental Bacteria, and Clinical Pathogens // Frontiers in Microbiology. 2018. Vol. 9. URL: https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2018.02928/full.

Петрушин В.С.
студент
prosto_petrushin@mail.com
Научные руководители: ***Мустафин Т.Н.***
к.т.н., доцент
Якупов Р.Р.
к.т.н., доцент,
Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Россия, Казань

ПОДХОД К РАСЧЕТУ ПЛОЩАДИ ОКНА ВСАСЫВАНИЯ СПИРАЛЬНОГО КОМПРЕССОРА

Аннотация. Объектом настоящей работы является окно всасывания спирального компрессора. Целью работы является разработка методики расчёта окна всасывания спирального компрессора. Окно всасывания имеет сопротивление и влияет на потери энергии потоков, проходящих через него, то есть гидравлические потери, которые необходимо учитывать при написании математической модели рабочего процесса. Так как процесс всасывания – это процесс притока рабочего вещества в полость всасывания, кроме того, он сопровождается явлением сокращения объёма, происходит вытеснение рабочего вещества, чтобы рассчитать истечение рабочего вещества через образовывающуюся в процессе закрытия полости всасывания щель и гидравлические потери необходимо определить площадь этой самой щели и изменение этой площади по углу поворота вала. В данной работе рассматриваются два подхода к расчёту площади окна всасывания. Первый подход – это методика, использующая численные методы, второй – методика аналитическая, выведенная из результатов численного моделирования. Результаты исследования могут быть использованы при разработке, проектировании, анализе спиральных компрессоров.

Ключевые слова: спиральный компрессор; математическая модель; численное моделирование; методика расчёта всасывания; площадь всасывания.

Общая геометрия спиралей

Многочисленные исследования посвящены разработке методик по использованию плоских кривых, пригодных для образования профиля спиралей спирального компрессора. В частности, авторы статьи [5] предлагают решение: вместо классического варианта – задание

параметризации кривой, задавать радиус кривизны как функцию касательного направление и использовать внутреннее уравнение плоской кривой, конструкцию которой можно изменить так, чтобы все геометрические величины (геометрическое сжатие, объём дроссельной заслонки и т.д.) можно было вычислять в замкнутой аналитической форме (рисунок 1). В статье [4] предлагается новая квазианалитическая формула для расчёта камер всасывания, полости сжатия и нагнетания, которая основана на замене переменных от эвольвентного угла к полярному углу интегрирования, для более точного моделирования изменения объёма серповидной полости по углу поворота. В патенте [6] задачей изобретения ставится получение хорошего уплотнительного контакта между взаимодействующими спиральными поверхностями, используя геометрию спирали Архимеда. Другой автор [7] исследует проблему того, что для изготовления спирали на основе эвольвенты окружности требуются высокоточные станки и специальное программное обеспечение, ведь переменная кривизна эвольвенты окружности может привести к дополнительным неточностям и ошибкам, для решения данной проблемы автор предлагает использование эвольвенты квадрата, кривая полученная таким образом состоит из четвертей окружности (рисунок 2).

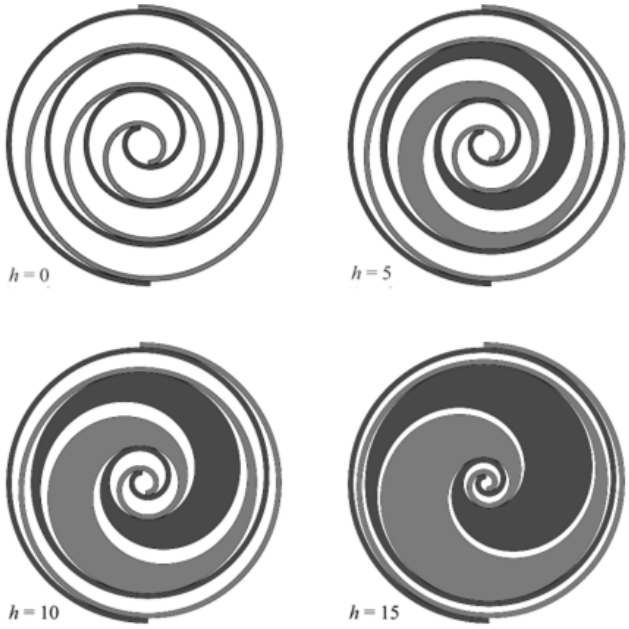


Рис. 1. Стандартные компрессоры с круговой эвольвентной спиралью (h = 0) и три варианта исполнения [5]

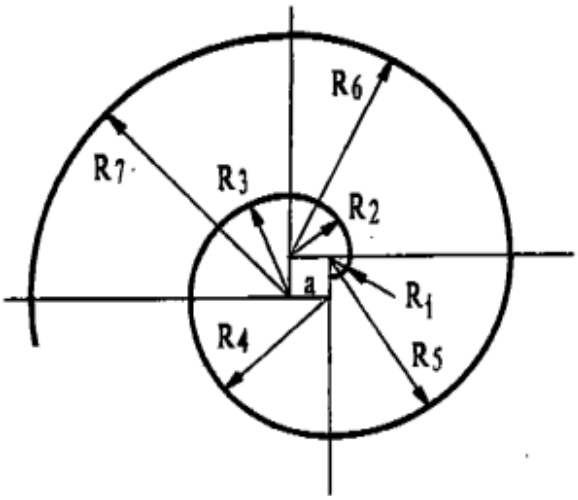


Рис. 2. Формирование кривой [7]

В. А. Косачевский в своей статье, посвященной проблеме моделирования центральной области СПК приводит достаточно широкий список литературы, посвященной исследованиям основных типов кривых, пригодных для образования контуров спиралей [3].

И всё же чаще всего в СПК встречается эвольвента окружности, и ведущие производителя СПК в мире: «Copeland Corp», «Hitashi», «Trane» – используют её в качестве базовой.

Геометрия спиралей по эвольвенте окружности

Для решения задачи достаточным будет пользоваться известными параметрическими уравнениями эвольвенты. Начальными данными для построения эвольвентной спирали с использованием этих уравнений являются: r_0 – радиус начальной окружности; φ_0 – начальный угол раскрутки спирали; $\varphi_{кон}$ – конечный угол раскрутки спирали; δ – толщина стенки;

Классическая система уравнения для построения эвольвенты выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} X = r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi) \\ Y = r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi) \end{cases}. \#(1)$$

Далее необходимо для каждой эвольвенты (их четыре: передняя и задняя стенки неподвижной спирали, передняя и задняя стенка подвижной спирали) записать уравнения, где будут отражены дополнительные преобразования.

Для неподвижной спирали и её передней стенки не требуется никаких модификаций, координаты её будут считаться по базовым уравнениям. Начальным и конечным значением параметра φ будет угол начала раскрутки – φ_0 и угол конца раскрутки – $\varphi_{кон}$ соответственно.

Задняя стенка неподвижной спирали строится также из классического уравнения, однако, она формирует толщину пера неподвижной спирали. Толщина стенки образуется в математическом представлении как поворот исходной кривой вокруг её центра на некоторый угол, который определяется как:

$$\varphi_{ст} = \frac{\delta}{r_0}, \#(2)$$

Математически поворот функции относительно центра координат записывается следующим образом:

$$\begin{cases} X' = X \cdot Cos\beta - Y \cdot Sin\beta \\ Y' = X \cdot Sin\beta + Y \cdot Cos\beta \end{cases}, \#(3)$$

где β – угол поворота.

Перо подвижной спирали также образовано двумя кривыми, задняя стенка также повёрнута на угол, определяемый толщиной стенки пера, однако, относительно неподвижной спирали, подвижная повернута на угол 180 градусов. Передняя стенка угол β=180, а задняя β=180+$\varphi_{ст}$.

Обе спирали в данном случае построены от общего центра координат. Однако в спиральном компрессоре подвижная спираль смещена относительно неподвижной на величину эксцентриситета и совершает плоскопараллельное движение, траекторией движения в процессе работы компрессора любой точки подвижной спирали будет являться окружность радиусом, равным величине эксцентриситета:

$$\varepsilon_0 = \pi r_0 - \delta. \#(4)$$

Математически это смещение представляется следующим образом:

$$\begin{cases} X' = X + \varepsilon_0 \cdot Cos\theta \\ Y' = Y + \varepsilon_0 \cdot Sin\theta \end{cases}, \#(5)$$

где θ – угол поворота ведущего ротора.

Для примера запишем итоговую систему уравнений для стенок подвижной спирали, которое учитывает все преобразования (смещение и поворот) над исходными параметрическими уравнениями эвольвенты:

$$\begin{cases} X' = (r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi)) \cdot Cos\beta - \big(r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi)\big) \cdot Sin\beta + \varepsilon_0 \cdot Cos\theta \\ Y' = (r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi)) \cdot Sin\beta + \big(r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi)\big) \cdot Cos\beta + \varepsilon_0 \cdot Sin\theta \end{cases}, \#(6)$$

где $\beta = 180 + \varphi_{ст}$ – для задней стенки, $\beta = 180$ – для передней стенки.

Также из формул выше следует, что «по умолчанию» спираль подвижная смещена вправо относительно центра координат. Это диктует необходимость доворота подвижной

спирали по углу поворота вала так, чтобы она оказалась в положении начала процесса всасывания. Формула, по которой можно определить угол начального положения:

$$\theta_0 = 90 - (\varphi\ \%(360 \cdot n) \leq 360)\#(7)$$

где n = var, 1 < n < m, % – математическая операция нахождения остатка от деления.

То есть остаток от деления угла раскрутки φ на nπ должен быть меньше 2π, полученный остаток вычитаем из π/2. Подставим θ_0 в систему уравнений для задней стенки подвижной спирали:

$$\begin{cases} X = (r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi)) \cdot Cos\beta - \left(r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi)\right) \cdot Sin\beta + \\ \qquad + \varepsilon_0 \cdot Cos(\theta - \theta_0) \\ Y = (r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi)) \cdot Sin\beta + \left(r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi)\right) \cdot Cos\beta + \\ \qquad + \varepsilon_0 \cdot Sin(\theta - \theta_0) \end{cases} \#, (8)$$

где $\theta = var, 0 \leq \theta \leq -\infty$ – текущий угол поворота вала. При $\theta = 0$ точка касания всегда будет находиться на координатах конечного угла раскрутки (рисунок 3).

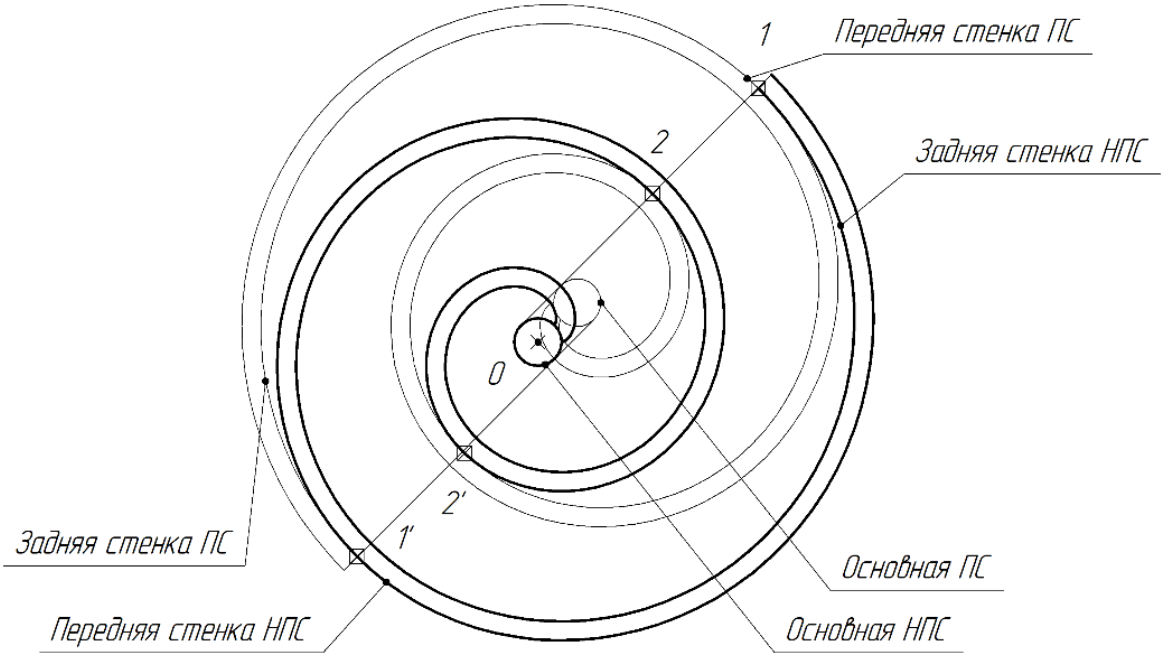


Рис. 3. Начальное положение

Длина окна всасывания

Окно всасывания образовано стенками сопряженных спиралей и их опорных поверхностей. Таким образом, в расчёте для определения площади окна всасывания необходимо определить лишь длину щели, а площадь получится перемножением полученной величины на величину высоты спирали.

Длина щели будет определяться модулем разности радиус-вектора, задающего положение точки пересечении нормали с поверхностью эвольвенты (рисунок. 4 т. 2), и радиус-вектора точки, из которой нормаль построена (рисунок 4 т. 1). Длина второго радиус-вектора постоянна, так как точка, которую он задаёт, неподвижна относительно системы координат. Длина первого радиус-вектора должна определяться на каждом углу поворота вала в следующей последовательности:

1. Определение угла раскрутки передней стенки подвижной спирали, на котором находится точка пересечения её с нормалью.
2. Определение по уравнению эвольвенты для передней стенки ПС для угла из п.1 координат x_2 и y_2 (рисунок 2);
3. Определение по формуле $l_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2}$ длины вектора (рисунок 2).

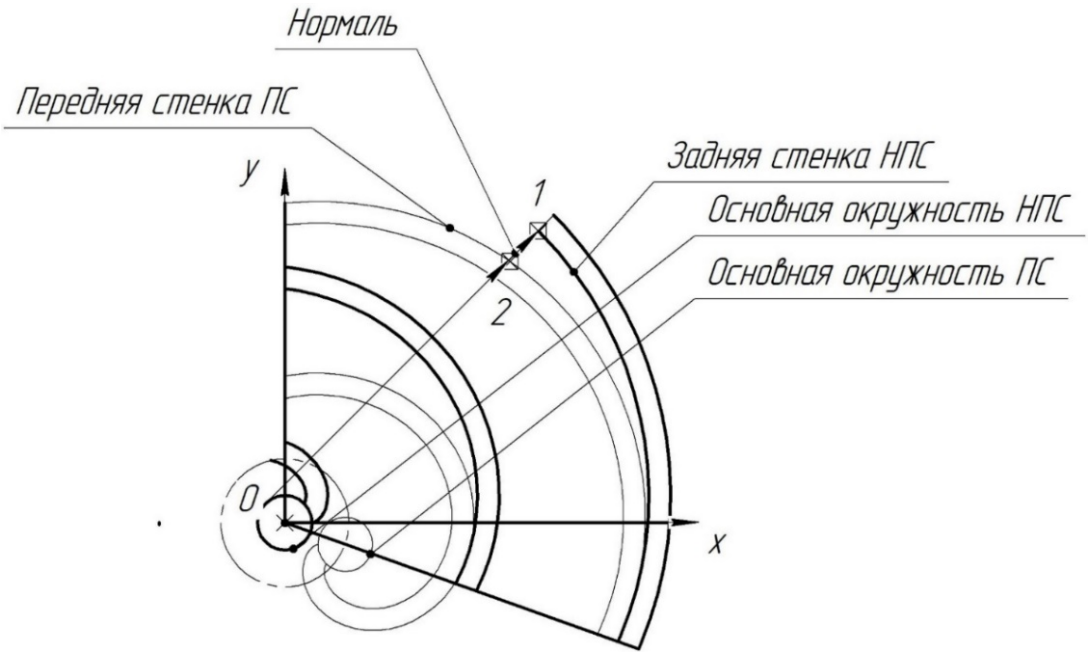


Рис. 4. Длина окна всасывания

Длина щели определяется далее так:

1. Один раз определяется $l_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$ – длина вектора на углу раскрутки $\varphi_{кон}$-$\varphi_{ст}$, где x_1 и y_2 определены по формуле 11;
2. Вычисляется $|l_1 - l_2|$.

Построение нормали

Запишем систему уравнений, описывающую заднюю стенку НПС:

$$\begin{cases} X' = (r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi)) \cdot Cos(\varphi_{ст}) - \left(r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi)\right) \cdot Sin(\varphi_{ст}) \\ Y' = (r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi)) \cdot Sin(\varphi_{ст)} + \left(r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi)\right) \cdot Cos(\varphi_{ст}) \end{cases}. \#(9)$$

Коэффициент касательной $к_{кас}$ равен $к_{кас} = \tan(\alpha) = \frac{dy}{dx} = \frac{dy}{d\varphi}/\frac{dx}{d\varphi}$, где α – угол наклона касательной, тогда коэффициент нормали $к_{норм} = -\frac{1}{к_{кас}} = -\frac{1}{\tan(\alpha)} = -1/\frac{dy}{dx}$. Следовательно, уравнение нормали имеет вид:

$$y - y_0 = -\frac{1}{\tan(\alpha)} \cdot (x - x_0) = к_{норм}(x - x_0), \#(10)$$

где x_0, y_0 – координаты точки эвольвенты НПС на угле $\Delta\varphi = \varphi_{кон} - \varphi_{ст}$:

$$\begin{cases} x_0 = (r_0(Cos\Delta\varphi + \Delta\varphi Sin\Delta\varphi)) \cdot Cos(\varphi_{ст}) - \\ \quad -\left(r_0(Sin\Delta\varphi - \Delta\varphi Cos\Delta\varphi)\right) \cdot Sin(\varphi_{ст}) \\ y_0 = (r_0(Cos\Delta\varphi + \Delta\varphi Sin\Delta\varphi)) \cdot Sin(\varphi_{ст)} + \\ \quad +\left(r_0(Sin\Delta\varphi - \Delta\varphi Cos\Delta\varphi)\right) \cdot Cos(\varphi_{ст}) \end{cases}. \#(11)$$

Для определения коэффициента нормали необходимо найти производную от параметрически заданной функции. Для уравнения (1), $к_{норм} = -\frac{1}{\tan(\varphi)}$, и для него справедливо уравнение (10). Для уравнения (9) производную можно найти аналитически, однако это может быть затруднительно и в программной реализации может быть целесообразно находить производную численными методами.

Воспользуемся методом конечных разностей, который позволяет приближенно вычислить производную функции в заданной точке с помощью вычисленных значений функции в некоторых близких точках.

Шаги метода конечных разностей:

выбор шага h – малое приращение аргумента;

вычислить значение функции в крайних точках;

применить формулу приближенного вычисления производной.

Запишем систему уравнений эвольвенты НПС с прибавлением к аргументу шага:

$$\begin{cases} x_{+h} = (r_0(Cos(\Delta\varphi + h) + (\Delta\varphi + h)Sin(\Delta\varphi + h))) \cdot Cos(\varphi_{\text{ст}}) - \\ \quad -\Big(r_0\big(Sin(\Delta\varphi + h) - (\Delta\varphi + h)Cos(\Delta\varphi + h)\big)\Big) \cdot Sin(\varphi_{\text{ст}}) \\ y_{+h} = (r_0(Cos(\Delta\varphi + h) + (\Delta\varphi + h)Sin(\Delta\varphi + h))) \cdot Sin(\varphi_{\text{ст}}) + \\ \quad +\big(r_0(Sin(\Delta\varphi + h) - (\Delta\varphi + h)Cos(\Delta\varphi + h))\big) \cdot Cos(\varphi_{\text{ст}}) \end{cases}. \#(12)$$

Запишем систему уравнений эвольвенты НПС с вычитанием из аргумента шага:

$$\begin{cases} x_{-h} = (r_0(Cos(\Delta\varphi - h) + (\Delta\varphi - h)Sin(\Delta\varphi - h))) \cdot Cos(\varphi_{\text{ст}}) - \\ \quad -\Big(r_0\big(Sin(\Delta\varphi - h) - (\Delta\varphi - h)Cos(\Delta\varphi - h)\big)\Big) \cdot Sin(\varphi_{\text{ст}}) \\ y_{-h} = (r_0(Cos(\Delta\varphi - h) + (\Delta\varphi - h)Sin(\Delta\varphi - h))) \cdot Sin(\varphi_{\text{ст}}) + \\ \quad +\big(r_0(Sin(\Delta\varphi - h) - (\Delta\varphi - h)Cos(\Delta\varphi - h))\big) \cdot Cos(\varphi_{\text{ст}}) \end{cases}. \#(13)$$

Тогда производная *dx/dφ* и *dy/dφ* из метода конечных разностей будет:

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{x_{+h} - x_{-h}}{2h}, \#(14)$$

$$\frac{dy}{d\varphi} = \frac{y_{+h} - y_{-h}}{2h}, \#(15)$$

в таком случае производная *dy/dx*:

$$\text{к}_{\text{кас}} = \frac{dy}{dx} = \frac{\frac{dy}{d\varphi}}{\frac{dx}{d\varphi}} = \frac{\frac{y_{+h} - y_{-h}}{2h}}{\frac{x_{+h} - x_{-h}}{2h}} = \frac{y_{+h} - y_{-h}}{x_{+h} - x_{-h}}, \#(16)$$

коэффициент нормали:

$$\text{к}_{\text{норм}} = -\frac{x_{+h} - x_{-h}}{y_{+h} - y_{-h}}. \#(17)$$

Поиск точки пересечения нормали с эвольвентой

Для поиска пересечения уравнения нормали, построенной на поверхности задней стенки НПС, с эвольвентой передней стенки ПС, необходимо решить систему уравнений:

$$\begin{cases} y - y_0 = \text{к}_{\text{норм}}(x - x_0) \\ x = (r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi)) \cdot Cos(180) - \big(r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi)\big) \cdot Sin(180) + \\ \quad + \varepsilon_0 \cdot Cos(\theta - \theta_0) \\ Y = (r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi)) \cdot Sin(180) + \big(r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi)\big) \cdot Cos(180) + \\ \quad + \varepsilon_0 \cdot Sin(\theta - \theta_0) \end{cases}, \#(18)$$

упростим систему (18):

$$\begin{cases} y - y_0 = \text{к}_{\text{норм}}(x - x_0) \\ x = -r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi) + \varepsilon_0 \cdot Cos(\theta - \theta_0) \\ y = -r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi) + \varepsilon_0 \cdot Sin(\theta - \theta_0) \end{cases}, \#(19)$$

приведём систему (19) к виду $f(\varphi) = 0$:

$$-r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi) + \varepsilon_0 \cdot Sin(\theta - \theta_0) - y_0 =$$
$$= \text{к}_{\text{норм}}(-r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi) + \varepsilon_0 \cdot Cos(\theta - \theta_0) - x_0) \rightarrow$$
$$f(\varphi) = \text{к}_{\text{норм}}(-r_0(Cos\varphi + \varphi Sin\varphi) + \varepsilon_0 \cdot Cos(\theta - \theta_0) - x_0) + y_0 +$$
$$+ r_0(Sin\varphi - \varphi Cos\varphi) - \varepsilon_0 \cdot Sin(\theta - \theta_0) = 0, \#(20)$$

Площадь окна всасывания

Полученный график изменения площади окна всасывания от угла поворота вала представлен на рисунке 5.

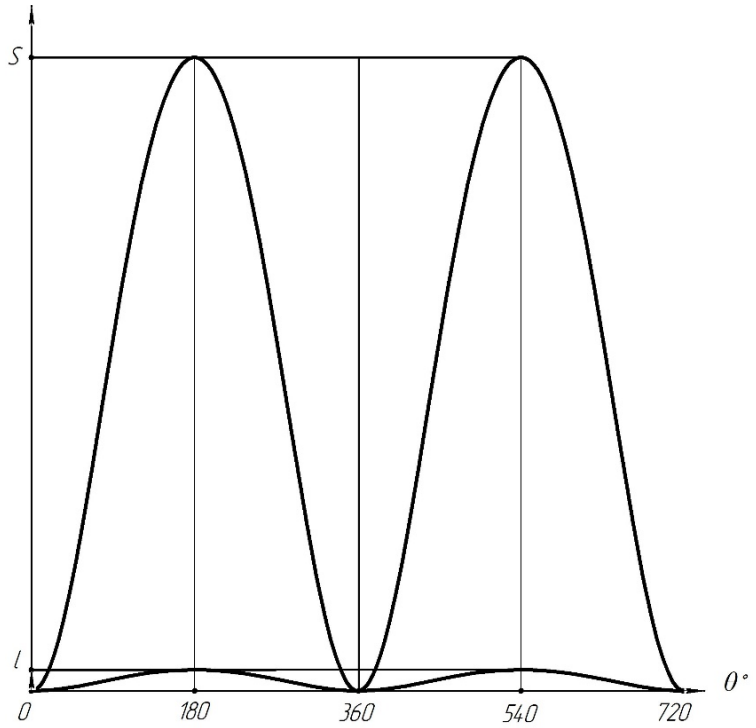


Рис. 5. График изменения длины и площади окна всасывания по углу поворота вала

По рисунку 5 видно, что график напоминает собой синусоиду. Общее уравнение синусоиды имеет вид:

$$y = Asin(cx + d) + B, \#(21)$$

где A – амплитуда, характеризует растяжение графика по оси OY, B – вертикальный сдвиг, характеризует сдвиг графика по оси OY (вверх/вниз), c – циклическая частота, характеризует период колебаний и растяжение графика по оси OX, d – начальная фаза, характеризует сдвиг графика по оси OX (влево/вправо).

В нашем случае вертикальный сдвиг равен амплитуде, циклическая частота – частота вращения вала, она связана с периодом синусоиды $T = 2\pi/c$, период графика – const и равен 2π, тогда c = 1. Начальная фаза сдвинута на 90 градусов влево. В таком случае уравнение синусоиды примет вид:

$$y = Asin(x - 90) + A. \#(22)$$

Из закона движения спирали следует, что каждая точка спирали при движении описывает окружность с радиусом равным эксцентриситету, тогда амплитудой изменения длины можно принять равной эксцентриситету, а амплитуду изменения площади окна всасывания как эксцентриситет ε, помноженный на высоту спирали h. Эксцентриситет в свою очередь связан с радиусом начальной окружности r_0 и толщиной стенки δ (уравнение 4), тогда уравнение 22 примет вид:

$$S = f(\theta) = (\pi r_0 - \delta)(sin(\theta - 90) + 1) \cdot h, \#(23)$$

где S – площадь окна всасывания, θ – угол поворота вала.

Сравнение графиков, полученных из уравнения (23) и численной методики представлено на рисунке 6.

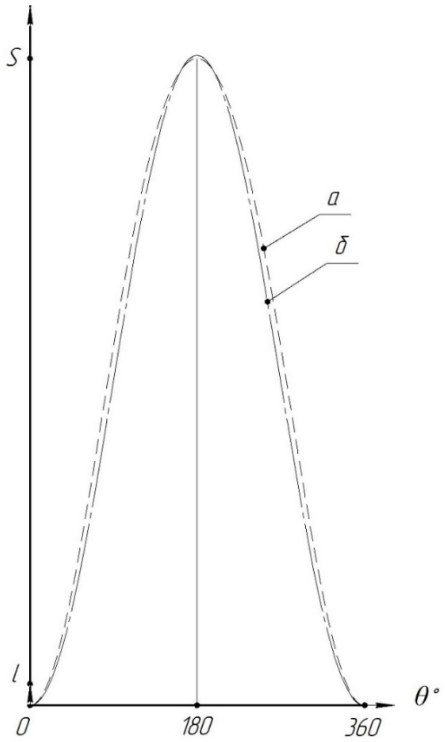


Рис. 6. Сравнение графиков:
а – численно построенная кривая, б – синусоида

Таким образом, можно сказать, что в некоторых случаях для расчёта изменения площади окна всасывания можно пользоваться соотношением (23), полученным аналитически. Однако более точно будет описывать процесс численная методика. Также необходимо добавить, что результат численной модели определяет расстояние между стенками длиной нормали, а аналитическая модель определяет его как диаметр вписанной между стенками окружности, диаметр которой как бы равен длине нормали, которая при максимальном открытии всасывающей щели должна быть равна удвоенному эксцентриситету, при этом максимум приходится на 180 градусов угла поворота вала. Различие результатов численного решения и аналитической формулы объясняется тем, что синусоидальный закон описывает равномерное изменение длины нормали, а соответственно и диаметра вписанной окружности, по времени, однако по периоду нормали не совсем равны друг другу в следствии того, что эвольвента, на которую опускается нормаль имеет свою кривизну (рисунок 7).

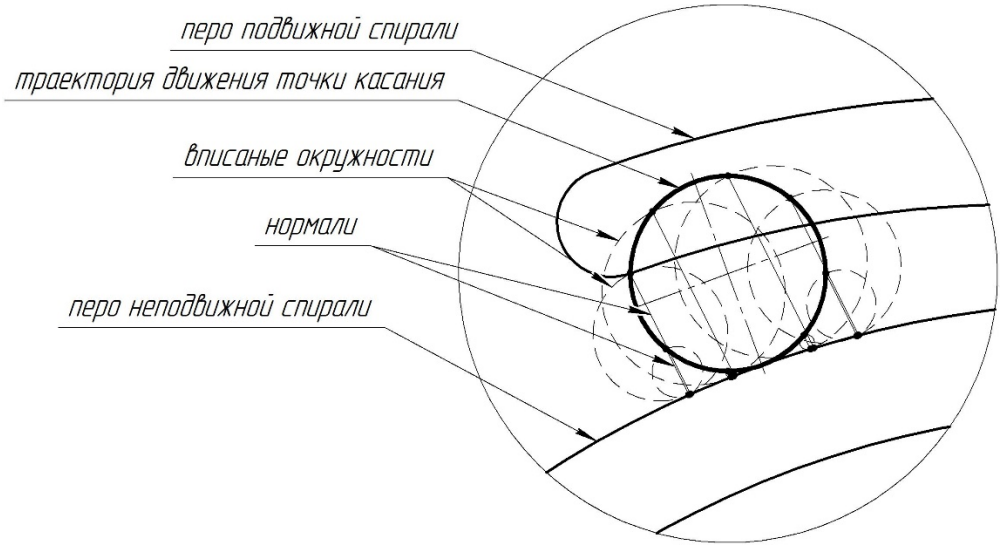


Рис. 7. Траектория подвижной точки и дилны нормалей

Таким образом, результат численной модели определяет расстояние между стенками длиной нормали, а аналитическая модель определяет его как диаметр вписанной между стенками окружности, диаметр которой как бы равен длине нормали, которая при максимальном открытии всасывающей щели должна быть равна удвоенному эксцентриситету, при этом максимум приходится на 180 градусов угла поворота вала.

Список литературы

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К.И. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. СПб., Лань, 2010, 608 с.
2. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. Астрель АСТ, 2006, 872 с.
3. Косачевский В. А. О моделировании центральной области спирального компрессора // Вестник Международной академии холода. 2018. № 3. С. 45-52.
4. Bell, I., Groll, E. A., Braun, J. E., and King, G. Update on scroll compressor chamber geometry. International compressor engineering conference, Purdue, West Lafyette, IN. July 12-15, 2010, Paper N0. 2033.
5. Gravesen J. & Henriksen C. The Geometry of the Scroll Compressor. *Society for Industrial and Applied Mathematics*. 2001. Vol. 43, pp. 113-126.
6. Montelius Carl Oscar Joseph. Rotary compressor or motor. Patent USA No 2324168, 1943.
7. Wang Zongyan. A new type of curve used in the wrap design of the scroll compressor. Wuhan instrumental fabric, PRC, Proc. ICEC at Purdue Univ., 1992. p. 1089.

Журавлева В.Д., Соловьева А.С.
студенты,
kistiq2@yandex.ru
Научный руководитель: ***Атыкян Н.А.***
к.б.н., доцент,
Национальный исследовательский мордовский государственный,
университет им. Н.П. Огарёва
Россия, Саранск

ВЫДЕЛЕНИЕ ДРОЖЖЕЙ ИЗ ХМЕЛЯ И ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ РОСТА НА РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

Аннотация. Исследован рост производственных дрожжей расы Safdistil C-70 и дрожжей, выделенных из хмеля на питательных средах различных вариантов. Выявлено, что дрожжи, выделенные из хмеля, демонстрируют хорошие показатели роста на исследуемых питательных средах, накапливая до 0,45 млрд клеток в мл и до 31,7 г/л биомассы.

Ключевые слова: спиртовые дрожжи; меласса; количество клеток.

Дрожжи, в частности *Saccharomyces cerevisiae*, являются важными микроорганизмами, используемыми в производстве этанола, хлеба, алкогольных напитков и различных биохимических веществ. Однако традиционные штаммы часто сталкиваются с ограничениями в плане толерантности к этанолу, эффективности использования сахара и устойчивости к стрессу. Выявляя и культивируя новые штаммы дрожжей с улучшенными возможностями ферментации, можно повысить выход спирта, снизить производственные затраты и расширить спектр пригодного сырья [1-4]. Всего этого можно добиться, зная особенности их физиологии и метаболизма [5].

В нашей стране практически отсутствует собственное производство спиртовых дрожжей и основные расы, применяемые на спиртовых заводах – импортные, поставляются к нам из Китая и Западной Европы. В рамках импортозамещения на сегодняшний день необходимо наладить собственное производство дрожжей, изучив новые источники их выделе-

ния, а также нетрадиционное сырье для культивирования. Перспективным направлением является выделение штаммов из природных объектов, например, хмеля.

Для выращивания выделенных дрожжей можно использовать вторичное сырье пищевых производств. Это позволит не только оптимизировать питательные среды, но и удешевить их, а также снизить уровень загрязнения окружающей среды. Таким образом подбор эффективных и недорогих компонентов для создания питательной среды является также актуальной задачей и для наращивания биомассы микроорганизмов [6-7].

В связи с вышеизложенным, целью работы являлся сравнительный анализ производственных дрожжей и дрожжей, выделенных из хмеля, а также оптимизация состава питательных сред для их культивирования.

Известно, что разные расы дрожжей имеют различные питательные потребности. Подбор оптимального состава среды для конкретной расы обеспечивает наилучший рост и метаболическую активность, что влияет на выход целевого продукта. Кроме того, питательные среды отличаются по источникам углерода, азота, минеральным компонентам и факторам роста.

В нашей работе исходным посевным материалом служили дрожжи, выделенные из хмеля. Дрожжи выращивали на питательных средах следующих составов (г/л):

Вариант 1 – пептон –10 г; глюкоза – 60 г;

Вариант 2 –меласса – 100 г/л, сульфат аммония – 2 г/л;

Вариант 3 – меласса – 100 г/л, сульфат аммония – 2,5 г/л;

Вариант4– меласса – 100 г/л, сульфат аммония – 3 г/л.

Простерилизованные среды стерильно (в боксе) засевали дрожжами. Колбы помещали в термостатируемый шейкер при 250 об/мин и температуре 28 °С на 24-48 часа. Затем в культуральной жидкости определяли количество клеток дрожжей и выход биомассы.

Результаты представлены на рисунках 1 и 2.

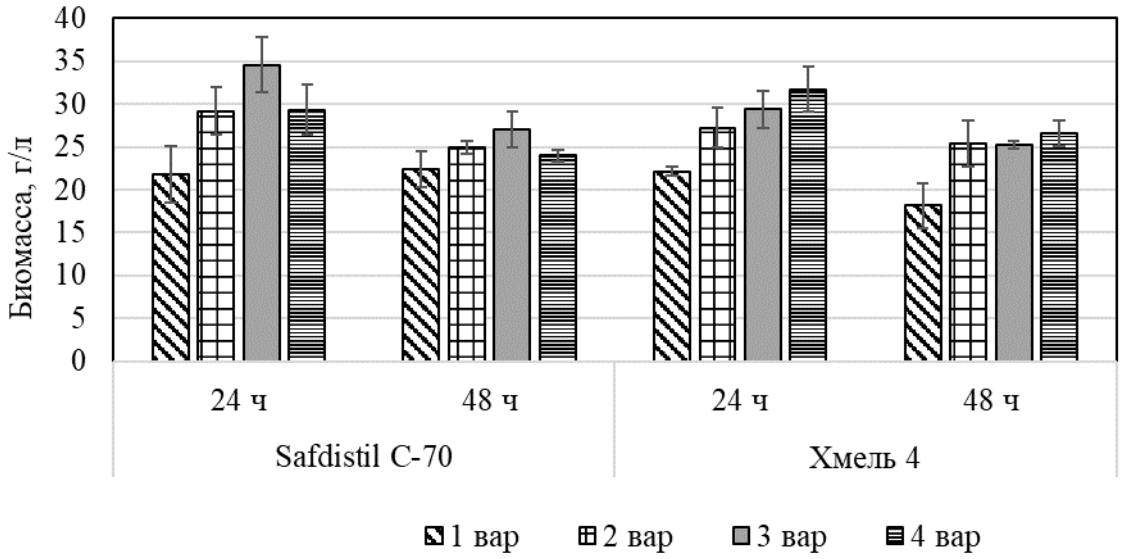


Рис. 1. Накопление биомассы производственными дрожжами и дрожжами, выделенными из хмеля, при росте на мелассных средах

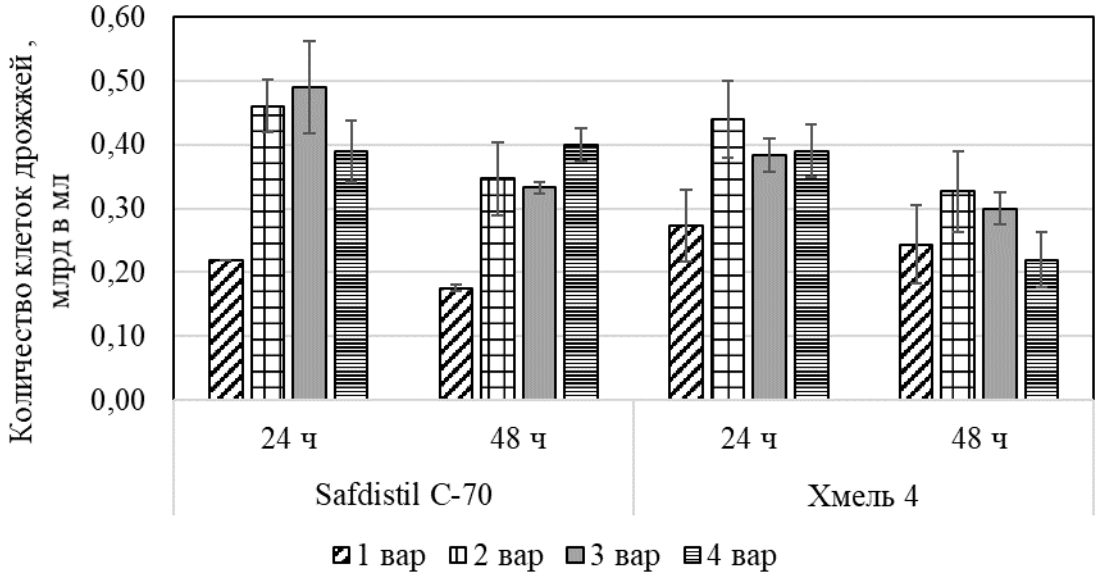


Рис. 2. Накопление клеток производственными дрожжами и дрожжами, выделенными из хмеля, при росте на мелассных средах

Анализ данных, представленных на рисунках 1 и 2, свидетельствует о том, что дрожжевые штаммы, выделенные из хмеля, демонстрируют сопоставимые с производственными дрожжами показатели роста на исследуемых питательных средах, накапливая до 31,7 г/л биомассы и до 450 млн клеток в мл, что лишь на 8 % ниже показателя по производственным дрожжам (т.е. в пределах ошибки опыта). При этом на мелассных средах исследованные дрожжи (и производственные и хмелевые) накапливают максимальное количество клеток и биомассы уже через 24 ч культивирования. Мелассные среды вариантов 2 и 3 могут быть рекомендованы для дальнейших исследований.

Таким образом, полученные природные изоляты дрожжей демонстрируют хороший потенциал по сравнению с коммерческой расой Safdistil C-70 и могут рассматриваться как перспективные для импортозамещения производственных дрожжей, а среда на основе мелассы (100 г/л) с добавлением сульфат аммония (2,0-2,5 г/л) выступает оптимальным вариантом для культивирования как производственных, так и хмелевых дрожжей.

Список литературы

1. Current ethanol production requirements for the yeast *Saccharomyces cerevisiae* / F. de Silva Fernandes, E. S. de Souza, L. M. Carneiro [et al.] // International Journal of Microbiology. – 2022. – P. 14. – DOI: 10.1155/2022/7878830. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35996633.

2. Improving industrial yeast strains: exploiting natural and artificial diversity / J. Steensels, T. Snoek, E. Meersman [et al.] // FEMS Microbiology Reviews. – 2014. – Vol. 38. – P. 947–995. – DOI: 10.1111/1574-6976.12073. – URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24724938.

3. Novel yeast strains for the efficient saccharification and fermentation of starchy by-products to bioethanol / N. Gronchi, L. Favaro, L. Cagnin [et al.] // Energies. – 2019. – Vol. 12, № 4. – P. 714. – DOI: 10.3390/en12040714. – URL: https://www.mdpi.com/1996-1073/12/4/714.

4. Набиева Ф. С. Роль *Saccharomyces cerevisiae* в развитии современной биотехнологии / Ф. С. Набиева, З. Э. Кудратова, Г. Б. Кувандиков // Достижения науки и образования. – 2021. – № 5. – С. 57–60. – URL: https://cyberleninka.ru/article/n/rol-saccharomyces-cerevisiae-v-razvitii-sovremennoy-biotehnologii.

5. Walker G.M., Stewart L.A. (Eds.) Yeast Physiology and Biotechnology. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2020.

6. Занданова Т.Н. Подбор питательной среды для дрожжей / Т.Н. Занданова, Ж.Ж. Урматова, М.Л. Бухаев // Вестник АГАТУ. – 2023. – № 3 (66). – С. 34–39. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54624669.

7. Хадыева Я.Р. К возможности биотехнологической утилизации отходов спиртовой промышленности / Я.Р. Хадыева, Н.С. Евдокимов, А.А. Смышляева // Безопасность городской среды: материалы VIII Международной научно-практической конференции, Омск, 18–20 ноября 2020 года / Омский государственный технический университет. – Омск, 2021. – С. 278–281.

Баскаков А.П., Оганесян Р.О.
студенты,
std.baskakov@bk.ru
Научный руководитель: ***Фокина М.С.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА-4 ДЛЯ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Аннотация. В химической промышленности герметичность оборудования играет ключевую роль в энергосбережении и экологической безопасности. Особое внимание уделяется разъёмным соединениям, таким как фланцевые, обеспечивающим надёжность эксплуатации и возможность быстрой замены. Их герметичность зависит от усилия на прокладке и условий работы, включая давление и температуру. Исследование показывает, что учет температурных изменений, использование материалов с низким коэффициентом термического расширения и инновационные уплотнения снижают риск разгерметизации, повышая безопасность и надёжность оборудования.

Ключевые слова: фланцевое соединение; композиционный материал на основе фторопласта-4; коэффициент расширения; температура; прокладка; крепежные детали; деформация.

Разъемные соединения оборудования и трубопроводов находят широкое применение практически во всех отраслях промышленности. В технологических схемах химических производств на каждую единицу оборудования, как правило, приходится несколько фланцевых соединений, обеспечивающих возможность его монтажа, эксплуатации и проведения ремонтных работ [6]. Надежность функционирования химического оборудования определяется не только прочностью отдельных элементов, но в значительной степени герметичностью соединений, которая обеспечивается уплотнительным узлом. Ключевым элементом данного узла является прокладка, от свойств которой зависит безопасность работы аппаратов, машин и агрегатов, а также качество выпускаемой продукции [7].

Фланцевое соединение представляет собой систему взаимосвязанных элементов, включающую фланцы, крепежные детали и уплотнительный элемент, выполненные из материалов с различными физико-механическими характеристиками. В процессе эксплуатации такие соединения подвергаются воздействию ряда факторов, среди которых основными являются давление рабочей среды, температура и продолжительность работы [3].

Работа фланцевых соединений осуществляется в двух основных режимах, на стадии сборки и в процессе эксплуатации. При сборке соединения прокладка сжимается с усилием, превышающим рабочее значение. Это необходимо для того, чтобы при подаче рабочей среды под давлением, вызывающей частичную разгрузку прокладки, сохранялось достаточное контактное давление, обеспечивающее герметичность соединения. Как правило, сборка осуществляется при температуре окружающей среды, тогда как в процессе эксплуатации возможен нагрев, что приводит к появлению дополнительных нагрузок. Игнорирование температурного фактора может привести к нарушению герметичности разъемного герметичного соединения и, как следствие, к возникновению аварийных ситуаций [3, 6].

Расчет фланцевых соединений выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 4233.1–2017, устанавливающего общие положения и методы расчета на прочность сосудов и аппаратов, а также ГОСТ 4233.4–2017, регламентирующего расчет фланцевых соединений на прочность и герметичность [4, 5].

Основной задачей расчета является определение геометрических и силовых параметров элементов соединения, которые обеспечивают его прочность и герметичность при эксплуатации в условиях воздействия внешних факторов.

В соответствии с нормативными документами расчет включает несколько этапов. На первом этапе определяется усилие предварительной затяжки крепежных элементов при сборке соединения. При этом учитывается как усилие, необходимое для обеспечения герметичности в рабочих условиях, так и нагрузка, требуемая для первоначального обжатия прокладки. Далее выполняется проверка прочности болтов (или шпилек) и уплотнительного элемента. После этого проводится расчет на прочность всех элементов соединения как на стадии затяжки, так и при эксплуатации, с учетом действия давления, усилий в крепежных элементах и других нагрузок. Дополнительно оцениваются углы поворота фланцев и, при необходимости, выполняется расчет на малоцикловую усталость в случае переменного характера нагружения.

Для обеспечения герметичности соединения определяется нагрузка, действующая на прокладку в рабочих условиях. Ее величина должна быть не ниже требуемого значения, обеспечивающего герметичность:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{з}} - \alpha Q_{\text{г}} + \Delta Q_t - \int V(\tau)\, d\tau \geq [Q_{\text{п}}] \ \#\ (1)$$

где Qп – нагрузка на прокладку в рабочих условиях, Qз – усилие затяжки, Qг – сила от давления рабочей среды, ΔQt– изменение нагрузки вследствие температурного воздействия, α– коэффициент жесткости соединения, а интегральный член учитывает снижение нагрузки во времени, характеризуемое функцией скорости релаксации V(τ) [5].

Из приведенного выражения следует, что рост температуры приводит к увеличению нагрузки на прокладку, а также оказывает влияние на напряженное состояние всех элементов фланцевого соединения.

Повышение температуры оказывает комплексное воздействие на работу соединения. Прежде всего изменяются свойства рабочей среды. Для жидкостей с ростом температуры характерно снижение плотности, что сопровождается увеличением их проницаемости и должно учитываться при оценке герметичности. В случае газов наблюдается противоположная тенденция, при которой увеличение плотности приводит к уменьшению проницаемости, и, следовательно, дополнительное увеличение нагрузки на прокладку не требуется [1].

Кроме того, температурное воздействие вызывает тепловое расширение элементов соединения. Это приводит к увеличению усилий в крепежных деталях, которые воспринимают нагрузку от фланцев и прокладки. В ряде случаев это требует увеличения размеров крепежных элементов, что, в свою очередь, приводит к росту материалоемкости, габаритов и стоимости конструкции.

Изменение усилия в прокладке и крепежных элементах при температурном воздействии может быть определено в соответствии с [2] по следующему выражению:

$$\Delta Q_t = \gamma(A + B - C) \ \#\ (2)$$

$$A = \left(\alpha_{\text{ф}1} h_1 + \alpha_{\text{ш}1} h_{\text{ш}1}\right)\left(t_{\text{ф}1} - 20\right)$$

$$B = \left(\alpha_{\text{ф}2} h_2 + \alpha_{\text{ш}2} h_{\text{ш}2}\right)\left(t_{\text{ф}2} - 20\right)$$

$$C = \alpha_{\text{б}}(h_1 + h_2)(t_{\text{б}} - 20)$$

где α, t и h характеризуют соответственно коэффициент линейного теплового расширения материала, его температуру в рабочих условиях и расчетную толщину элементов. Индексы ф, ш и б относятся к фланцам, шайбам и болтам, а цифровые индексы соответствуют различным элементам соединения [5].

Первые два слагаемых правой части выражения описывают вклад сжимаемых элементов соединения, тогда как последний член соответствует растягиваемым элементам.

Дополнительно следует учитывать, что при использовании прокладок из материалов с коэффициентом линейного расширения, отличающимся от аналогичных характеристик

фланцев и крепежных деталей, возникает дополнительная термическая сила, увеличивающая нагрузку в соединении [1].

Следует отметить, что влияние температуры, связанное с изменением свойств среды и тепловым расширением элементов, устранить невозможно. В то же время дополнительная термическая нагрузка может быть снижена, что требует разработки соответствующих решений.

Для анализа влияния различия коэффициентов линейного расширения рассмотрим упрощенную модель, представленную на рис. 2, включающую болт и втулку, изготовленные из различных материалов с коэффициентами линейного расширения α1и α2. При нагреве их температуры изменяются от начального значения t0до t1и t2соответственно.

В свободном состоянии удлинение элементов определяется выражениями:

$$\Delta l_1 = l\alpha_1\Delta t_1, \Delta l_2 = l\alpha_2\Delta t_2 \# \ (3,4)$$

где Δt1=t1-t0, Δt2=t2-t0, а l– исходная длина элементов.

В отечественной практике предложены различные подходы к снижению термических нагрузок в фланцевых соединениях. Так, в патенте РФ RU 154210 U1 представлено конструктивное решение, основанное на использовании комбинированной прокладки (рис. 1).

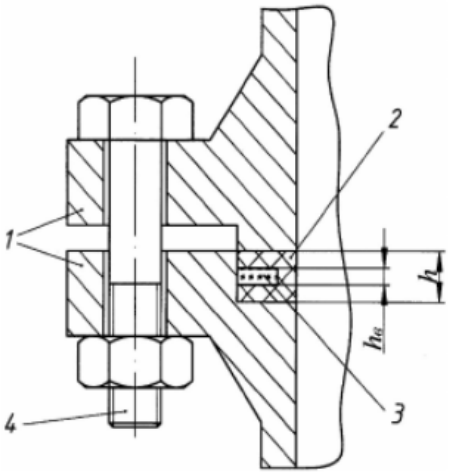


Рис. 1. Схема фланцевого соединения по патенту РФ RU 154210 U1:
1 – фланцы, 2 – прокладка, 3 – вставка, 4 – болт

В данной конструкции уплотнительный элемент выполнен в виде прокладки, в которую по внешнему диаметру встроено кольцо из материала с более низким коэффициентом линейного теплового расширения по сравнению с остальными элементами соединения. В качестве такого материала может использоваться, например, стекло.

При равенстве температур элементов возникающая термическая нагрузка определяется выражением:

$$Q_t = \frac{h\,\Delta t\,(\alpha_п - \alpha_б)}{\lambda_п + \lambda_б}, \#(5)$$

где h – длина участка болта, соответствующая толщине прокладки, а индексы п и б относятся соответственно к прокладке и болту.

Из данного выражения следует, что при условии равенства коэффициентов линейного расширения прокладки и болта (αп=αб) дополнительная термическая нагрузка отсутствует, то есть Qt=0.

Это условие может быть реализовано путем подбора геометрических и физических параметров элементов прокладки. В частности, при введении вставки выполняется соотношение:

$$h_б\alpha_б = h_п\alpha_п \ \#(6)$$

С учетом наличия вставки условие равновесия принимает вид:

$$(h_п + h_в)\alpha_б = h_п\alpha_п + h_в\alpha_в \ \#(7)$$

откуда можно определить требуемую высоту вставки:

$$h_в = \frac{h_п(\alpha_п - \alpha_б)}{\alpha_б - \alpha_в} \ \#(8)$$

Таким образом, при соответствующем выборе параметров вставки возможно добиться снижения дополнительной термической нагрузки, обусловленной различием коэффициентов линейного расширения элементов соединения, вплоть до минимальных значений.

Вместе с тем существенным недостатком данного подхода является хрупкость стеклянной вставки, что ограничивает ее применение в условиях переменных нагрузок и повышенных температур [2]. В связи с этим было предложено использовать композиционный материал на основе фторопласта-4 с добавлением кварцевого стекла, позволяющий сочетать низкий коэффициент линейного расширения с достаточной механической прочностью.

Экспериментальные исследования проводились на модели фланцевого соединения, позволяющей регистрировать изменение усилия в болтовом элементе при температурном воздействии [9].

Прокладки изготавливались методом холодного прессования с последующим термическим спеканием. В ходе исследования рассматривались образцы из ненаполненного фторопласта-4, а также композиционные материалы с различным содержанием кварцевого стекла.

Температурное воздействие осуществлялось в контролируемых условиях с постепенным повышением температуры. Изменение усилия в болтовом соединении фиксировалось с использованием тензометрической системы, прошедшей предварительную тарировку.

При обработке результатов дополнительно учитывалось влияние температурного расширения элементов самого соединения, что позволило более корректно оценить вклад свойств материала прокладки (рис. 2).

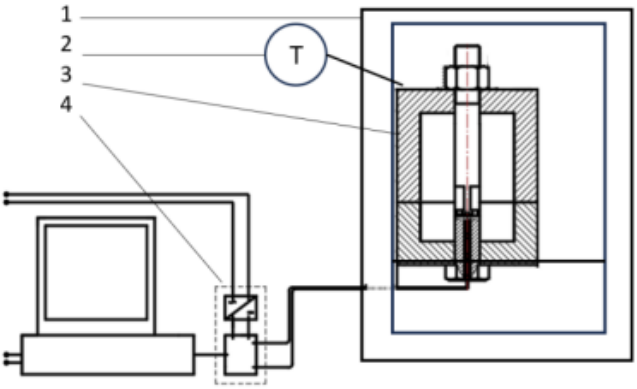


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для испытания прокладок:
1 – термошкаф, 2 – контактный теромометр, 3 – модель фланцевого соединения (без прокладки), 4 – комплекс снятия значений

Анализ полученных данных показал, что для прокладок из ненаполненного политетрафторэтилена характерно значительное увеличение усилия в болтовом соединении при повышении температуры. Это обусловлено высокой величиной температурной деформации материала.

При использовании композиционных материалов наблюдается иная зависимость. С увеличением содержания кварцевого стекла происходит снижение эффективного коэффициента линейного теплового расширения, что приводит к уменьшению дополнительной термической нагрузки.

Полученные экспериментальные данные находятся в хорошем соответствии с теоретическими представлениями. Наиболее выраженное снижение изменения усилия достигается в диапазоне содержания наполнителя, при котором обеспечивается оптимальное сочетание термических характеристик и механической прочности материала.

Следует отметить, что в данном случае повышение стабильности работы соединения достигается за счет изменения свойств материала прокладки, а не путем усложнения конструкции соединения.

Выводы

1. Установлено, что изменение усилия во фланцевом соединении при нагреве определяется разностью температурных деформаций элементов, зависящей от их коэффициентов линейного теплового расширения.

2. Показано, что для ненаполненного фторопласта-4 характерен значительный рост термической составляющей нагрузки, обусловленный высоким коэффициентом линейного расширения материала.

3. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что введение кварцевого стекла в состав композиционного материала приводит к снижению эффективного коэффициента линейного теплового расширения.

4. Установлено, что уменьшение коэффициента линейного теплового расширения приводит к снижению дополнительной термической нагрузки Qt, возникающей из-за различия коэффициентов линейного расширения материалов элементов соединения, и способствует стабилизации контактного давления.

5. Показано, что изменение состава композиционного материала позволяет регулировать его свойства с учетом разницы коэффициентов линейного расширения и условий эксплуатации соединения.

6. Полученные результаты подтверждают, что применение композиционных материалов позволяет повысить надежность фланцевых соединений, работающих при повышенных температурах.

Список литературы

1. Баскаков А.П., Юшков А.Е. Влияние повышенной температуры на работу фланцевого соединения с полимерной прокладкой // СНК-2025: материалы LXXV международной студенческой научной конференции. М., 2025. С. 668–676.

2. Баскаков А.П., Косенко Р.А. Исследование свойств волокнонаполненного композита при сдвиге // Концепции и модели устойчивого инновационного развития общества. Уфа, 2024. С. 14–18.

3. Божко Г.В. Разъемные герметичные соединения // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2010. Т. 16. № 2. С. 404–420.

4. ГОСТ 34233.1–2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. М., 2017.

5. ГОСТ 34233.4–2017. Сосуды и аппараты. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений. М., 2017.

6. Продан В.Д. Герметичность разъемных соединений оборудования, эксплуатируемого под давлением рабочей среды. Тамбов, 2012. 280 с.

7. Продан В.Д., Божко Г.В. Герметичность оборудования. М., 2014. 109 с.

8. Фалько А.Л., Степанов Д.В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств. Керчь, 2019. 156 с.

9. Экспериментальное определение осевой силы в крепежных деталях при моментной затяжке / Г.В. Божко [и др.] // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2024. Т. 30. № 1. С. 170–177.

Иноземцева М.Р.
студент,
inozemtseva.m@gmail.com
Научный руководитель: ***Евдокимова С.А.***
к.б.н., доцент,
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Россия, Москва

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ БИФИДОБАКТЕРИЙ В ВОДНЫХ ЭКСТРАКТАХ ТОПИНАМБУРА И РЖАНЫХ ОТРУБЕЙ

Аннотация. Оценивали рост пяти штаммов бифидобактерий: *Bifidobacterium adolescentis* ВКПМ АС-1662, *B. longum* ВКПМ АС-1665, *B. bifidum* ВКПМ АС-1666, *B. breve* ВКПМ АС-1911, *B. infantis* ВКПМ АС-1912 в смеси водных экстрактов топинамбура и ржа-

ных отрубей (кислотного или щелочного) в различных соотношениях. Выявлены два оптимальных состава: 25 % щелочного экстракта отрубей и 75 % топинамбура; 70 % кислотного экстракта отрубей и 30 % топинамбура. Наилучший рост показали *B. bifidum* и *B. infantis*. Доказана перспективность замены традиционных сред водными экстрактами растительного сырья.

Ключевые слова: бифидобактерии; топинамбур; ржаные отруби; растительные экстракты; пробиотики; пребиотики.

Введение

Бифидобактерии являются неотъемлемой частью микробиоты кишечника человека [12]. В толстом отделе кишечника насчитывается до 10^9 – 10^{11} клеток на грамм содержимого. Такое плотное население напрямую связано с разнообразием функций, которые они выполняют. К наиболее важным функциям относят ферментацию углеводов в органические кислоты, снижение pH среды и, как следствие, угнетение условно-патогенной активности, формирование иммунного ответа и синтез витаминов группы К и В [8].

Нарушение качественного или количественного состава микробиоты кишечника (возникновение дисбиоза) приводит к ослаблению колонизационной резистентности кишечника, что в свою очередь провоцирует транслокацию условно-патогенной микрофлоры и развитие воспалительных процессов [4]. Для человека это проявляется в виде антибиотик-ассоциированной диареи, синдрома раздраженного кишечника и различных воспалительных заболеваний кишечника. Нарушение ферментации углеводов в жирные кислоты приводит к недостатку короткоцепочечных жирных кислот, что является фактором риска развития диабета II типа и ожирения [5].

Пребиотики, пробиотики и синбиотики – способ борьбы с дисбиозом и поддержания здоровой микрофлоры кишечника. Синбиотические препараты представляют собой композицию из пробиотиков (живых микроорганизмов) и пребиотиков (веществ, способных селективно стимулировать рост и активность полезной микробиоты). К наиболее изученным пребиотикам относят инулин и олигофруктозу. Они обладают доказанным пребиотическим действием и способны почти без изменений достигать толстого отдела кишечника [11]. В настоящее время набирают популярность ферментированные растительные экстракты, в качестве замены традиционным кисломолочным продуктам. Такие продукты, как правило, содержат в себе пищевые волокна и могут дополнительно обогащаться пробиотическими компонентами. Использование в качестве закваски пробиотических штаммов повышает функциональные свойства конечного продукта. Однако, выбор штаммов ограничен из-за специфичности состава растительных экстрактов. Наиболее часто применяются штаммы лактобактерий, в то время как ферментированных продуктов на основе бифидобактерий на рынке практически не представлено [1].

В рамках данной работы в качестве источника инулина рассматривали водный экстракт топинамбура (*Helianthus tuberosus*) – как перспективный и экономически доступный природный источник данного полисахарида [7]. Однако, топинамбур содержит недостаточное количество белка для культивирования бифидобактерий [6]. Поэтому, для обогащения белковыми компонентами использовали водный экстракт ржаных отрубей (*Secale cereale*), богатый также витаминами группы В, минеральными соединениями (магний, калий, железо, цинк) и арабиноксиланами [9]. Комбинация данных растительных экстрактов может полностью заменить источники азота и углерода животного происхождения растительными.

Целью данной работы являлось исследование роста бифидобактерий в смеси водных экстрактов топинамбура и ржаных отрубей и подбор оптимальной комбинации экстрактов.

Материалы и методы

Объектами исследования выступали пробиотические штаммы: *B. adolescentis* ВКПМ АС-1662, *B. longum longum* ВКПМ АС-1665, *B. bifidum* ВКПМ АС-1666, *B. breve* ВКПМ АС-1911, *B. longum infantis* ВКПМ АС-1912, полученные из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов.

Источниками растительного сырья были выбраны ржаные отруби «ОГО!» (ООО «РК ЕвроПрестиж» и сухой порошок клубней топинамбура пищевой (ООО «Рязанские просторы»).

Водную экстракцию топинамбура проводили по методике, разработанной ранее на кафедре Биотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева [7], при следующих параметрах экстракции: гидромодуль (ГМ) 10, pH 5,5, 75 °С, 30 минут. Параметры проведения водной экстракции ржаных отрубей подбирали на основе выхода белковых соединений, определяемых биуретовым методом. Перед культивированием pH экстрактов доводили до 7,0. Твердые частицы жома не отделяли. Экстракты смешивали в различных пропорциях в стерильных условиях, непосредственно перед засевом культур.

Инокуляты культивировали в течение 30 часов в полужидкой бифидум-среде и вносили в экспериментальные среды в количестве 1 об. %. Культивирование проводили при 37 °С без перемешивания. Полисахариды ржаных отрубей обеспечивали достаточную вязкость итоговой среды для создания анаэробных условий. В экстракт топинамбура дополнительно вносили агар из расчета 1 г/л для получения полужидкой среды. Для оценки роста пяти штаммов в смесях растительных экстрактов пробы отбирали в точках 0, 12 и 26 часов. Для штаммов *B. bifidum* и *B. infantis* также провели оценку динамики роста с анализом КОЕ/мл и pH каждые 2-4 часа до 29 ч.

Количественный учет микроорганизмов производили путем высева десятикратных разведений в столбики полужидкой бифидум-среды. О метаболической активности микроорганизмов судили по снижению уровня pH среды. Количество редуцирующих веществ в среде определяли методом Бертрана, а полисахаридов – модифицированным методом Бертрана-Шорля.

Результаты и обсуждение

Водную экстракцию ржаных отрубей проводили в различных условиях для достижения максимальной концентрации белковых компонентов. Варьировали температуру от 60 °С до 120 °С, pH от 3 до 11 и ГМ от 10 до 30. Было определено, что наибольшая концентрация белка достигается в четырех вариантах экстрактов: ГМ 10, pH 11, 120 °С (1 атм), 30 минут (37,59 г/л); ГМ 10, pH 11, 115 °С (0,7 атм), 30 минут (43,68 г/л); ГМ 10, pH 10, 115 °С (0,7 атм), 30 минут (51,30 г/л); ГМ 10, pH 3, 115 °С, 30 минут (14,52 г/л).

Для каждого полученного варианта рассчитали оптимальное соотношение водных экстрактов ржаных отрубей и топинамбура (табл.). Соотношения подбирали таким образом, чтобы итоговое содержание белка в среде составляло около 10-11 г/л, что соответствует концентрации азотистых компонентов в стандартной бифидум-среде [3]. Наибольшее содержание углеводов (71,4 г/л) достигнуто в варианте с 20 об. % экстракта отрубей, что обусловлено высоким содержанием инулина в топинамбуре.

Таблица

Параметры комбинаций ржаных отрубей и топинамбура

Условия водной экстракции ржаных отрубей	Экстракт отрубей, об. %	Экстракт топинамбура, об. %	Содержание белка, г/л	Содержание углеводов, г/л
pH 11, 120°С, 30 минут	30	70	11,3	63,7
pH 11, 115°С, 30 минут	25	75	10,9	69,3
pH 10, 115°С, 30 минут	20	80	10,3	71,4
pH 3, 115°С, 30 минут	70	30	10,2	59,0

В процессе культивирования для всех пяти штаммов во всех вариантах смесей наблюдали снижение pH среды. Это свидетельствует о метаболической активности бифидобактерий и накоплении органических кислот. Наиболее низкие значения pH среды наблюдались для штаммов *B. bifidum* (pH 4,66–4,90) и *B. infantis* (pH 5,30–6,00). Штаммы *B. adolescentis* и *B. longum* демонстрировали умеренное снижение pH (до 5,2–5,5), что может быть связано с их меньшей протеолитической активностью или особенностями ферментации растительных полисахаридов. Наибольшее общее закисление среды наблюдалось для двух составов: 25 % щелочного экстракта ржаных отрубей (pH 11, 115 °С) и 75 % экстракта топинамбура и 70 % кислотного экстракта ржаных отрубей (pH 3, 115 °С) и 30 % экстракта топинамбура (рис. 1–4). Именно эти две среды были отобраны для дальнейшего исследования кинетики роста.

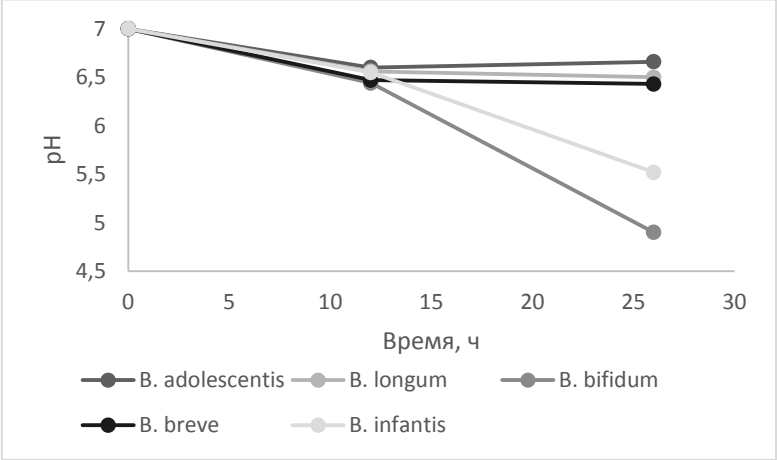


Рис. 1. Динамика изменения pH среды при росте бифидобактерий в среде, содержащей 30 % экстракта ржаных отрубей (pH 11, 120 °C, 30 мин) и 70 % экстракта топинамбура

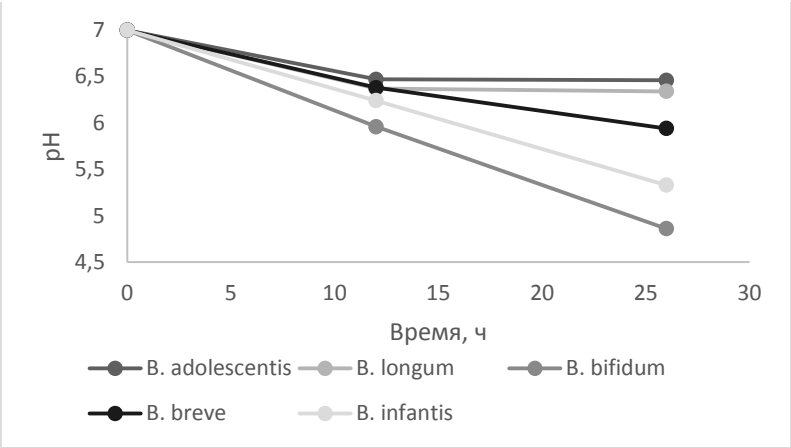


Рис. 2. Динамика изменения pH среды при росте бифидобактерий в среде, содержащей 25 % щелочного экстракта ржаных отрубей (pH 11, 115°C, 30 минут) и 75 % экстракта топинамбура

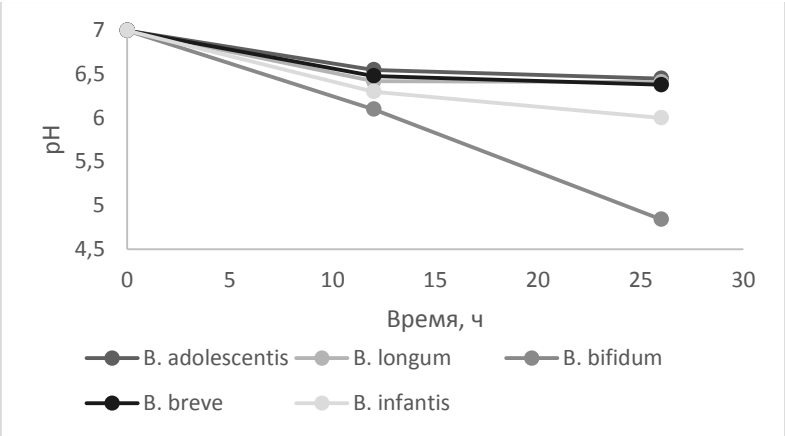


Рис. 3. Динамика изменения pH среды при росте бифидобактерий в среде, содержащей 20 % щелочного экстракта ржаных отрубей (pH 10, 115°C, 30 минут) и 80 % экстракта топинамбура

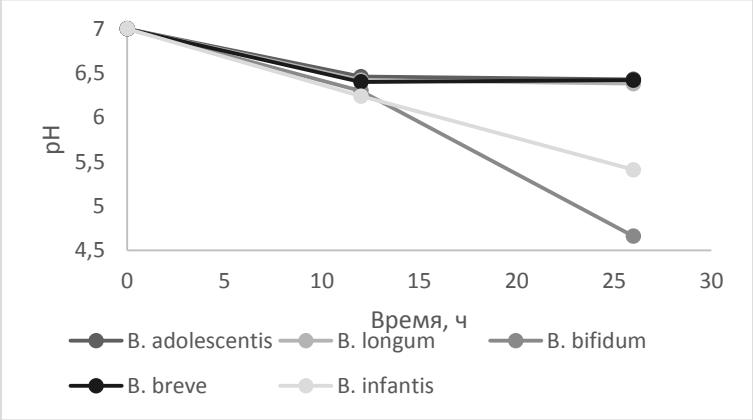


Рис. 4. Динамика изменения pH среды при росте бифидобактерий в среде, содержащей 70 % кислотного экстракта ржаных отрубей (pH 3, 115°C, 30 минут) и 30 % экстракта топинамбура

Динамику роста исследовали для *B. bifidum* и *B. infantis*, показавших наибольшее кислотообразование. Показания снимали для следующих точек: 0, 2, 5, 8, 12, 25, 29 часов. Кривые роста (рис. 5) показывают, что для обоих штаммов лаг-фаза составляет около 2–3 часов, после чего начинается экспоненциальный рост. Максимальная концентрация жизнеспособных клеток ($\log_{10}$ КОЕ/мл = 8,41) достигнута *B. bifidum* в среде с 25 % щелочного экстракта ржаных отрубей. В среде с 70 % кислотного экстракта отрубей оба штамма выходят на стационарную фазу раньше (к 12–14 часам). Такой эффект может объясняться более высокой доступностью азотистых компонентов, полученных при кислотном гидролизе белков ржаных отрубей, а также частичным гидролизом полисахаридов с высвобождением моносахаров. Снижение pH (рис. 6) коррелирует с накоплением биомассы, что подтверждает образование молочной и уксусной кислот как основных метаболитов.

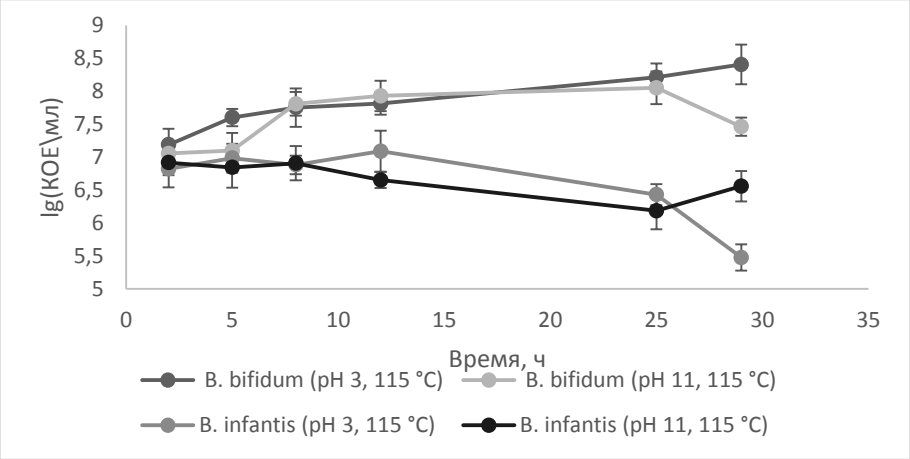


Рис. 5. Кривые роста B. bifidum и B. infantis в средах с различными условиями экстракции ржаных отрубей: 70 % кислотного экстракта (pH 3, 115 °C) и 30 % топинамбура и 25 % щелочного экстракта отрубей (pH 11, 115 °C) и 75 топинамбура

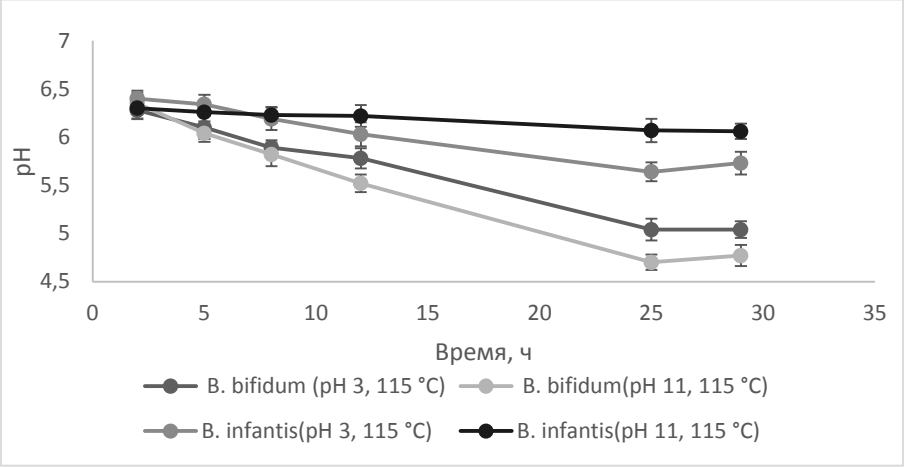


Рис. 6. Динамика изменение pH среды при росте B. bifidum и B. infantis в средах с различными условиями экстракции ржаных отрубей: 70 % кислотного экстракта (pH 3, 115 °C) и 30 % топинамбура и 25 % щелочного экстракта (pH 11, 115 °C) и 75 топинамбура

Полученные значения титра (до 10^8 клеток на миллилитр) сопоставимы с результатами культивирования бифидобактерий в стандартных средах MRS и Блаурокка [10], в которых конечный титр составляет 10^8-10^9 живых клеток на миллилитр среды. Использование водных растительных экстрактов топинамбура и ржаных отрубей не уступает традиционным средам по ростовым характеристикам и обеспечивает дополнительное пребиотическое действие за счет присутствия инулина и арабиноксиланов [2].

Заключение

В работе исследована возможность использования водных растительных экстрактов топинамбура и ржаных отрубей в качестве компонентов питательной среды для культивирования пяти пробиотических штаммов бифидобактерий. Определены оптимальные параметры водной экстракции белка ржаных отрубей: наибольший выход (до 51,3 г/л) достигнут при pH 10, 115 °C, 30 мин; для кислотной экстракции (pH 3, 115 °C, 30 минут) выход составил 14,5 г/л. Среди исследованных штаммов наилучшие характеристики роста показали *B. bifidum* ВКПМ 1666 и *B. uinfantis* ВКПМ 1912. Максимальный титр ($\log_{10}$ КОЕ/мл = 8,41) и наибольшее закисление среды (до pH 4,7) наблюдались в двух средах: 25 % щелочного экстракта ржаных отрубей и 75 % экстракта топинамбура и 70 % кислотного экстракта ржаных отрубей и 30 % экстракта топинамбура. Замена дорогостоящих компонентов животного происхождения на водные растительные экстракты позволяет снизить себестоимость питательной среды. Полученные результаты могут быть использованы при разработке технологий промышленного культивирования пробиотиков и открывают перспективы в создании отечественных синбиотических продуктов функционального питания на основе растительных экстрактов, богатых пребиотиками, ферментированных бифидобактериями.

Список литературы

1. Ганина В.И. Пробиотики. Назначение, свойства и основы биотехнологии. М.: Пищевая промышленность, 2017. 212 с.

2. Делькур Я., Верспреет Й., Ван Горис Х. и др. Пищевой продукт и напиток, модулирующий кишечную флору человека, пищевые добавки, способы их получения и применения препаратов арабиноксилана: пат. 2366261 Рос. Федерация. № 2006133107/13; заявл. 23.02.2005; опубл. 10.09.2009, Бюл. № 25. 24 с.

3. Ганина В.И. Пробиотики. Назначение, свойства и основы биотехнологии. М.: Пищевая промышленность, 2017. 212 с.

4. Делькур Я., Верспреет Й., Ван Горис Х. и др. Пищевой продукт и напиток, модулирующий кишечную флору человека, пищевые добавки, способы их получения и применения препаратов арабиноксилана: пат. 2366261 Рос. Федерация. № 2006133107/13; заявл. 23.02.2005; опубл. 10.09.2009, Бюл. № 25. 24 с.

5. Домотенко Л.В., Шепелин А.П. Бифидум-среда для выделения и культивирования бифидобактерий // Инфекция и иммунитет. 2014. Т. 4. № 3. С. 279–283.

6. Ермоленко Е.И. Иммуномодулирующее действие пробиотических бактерий при заболеваниях желудочно-кишечного тракта // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2014. Сер. 11. Вып. 4. С. 5–18.

7. Захарова И.Н., Гостюхина А.Д. Трансплантация фекальной микробиоты – шаг в прошлое или будущее? // Педиатрия. Consilium Medicum. 2024. № 2. С. 173–178.

8. Зеленков В.Н., Шелпакова И.Р., Закс Ю.Ф. и др. Топинамбур (Helianthus tuberosus L.): биологические особенности, химический состав, технология возделывания и переработки. М.: Россельхозакадемия, 2012. 184 с.

9. Кареткин Б.А. Комплексная переработка клубней топинамбура с получением фруктанов и пробиотического продукта для животных: дис. … канд. техн. наук. Воронеж, 2013. 154 с.

10. Кожевников А.А., Раскина К.В., Мартынова Е.Ю. и др. Кишечная микробиота: современные представления о видовом составе, функциях и методах исследования // РМЖ. 2017. № 17. С. 1244–1247.

11. Нуждина Н.Н., Жиганов Д.А., Ермолаева Т.Я., Кулеватова Т.Б., Злобина Л.Н., Андреева Л.В. и др. Показатели качества и фракционный состав зерна сортов озимой ржи по крупности в условиях Нижнего Поволжья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. Т. 184. № 4. С. 153–162.

12. Пашковский С.Е., Литвина Л.А. Сравнительная характеристика роста бифидобактерий при их культивировании на различных питательных средах // Проблемы биологии, зоотехнии и биотехнологии. 2019. С. 175–178.

13. Родионов А.А. Новые синбиотические пищевые продукты с использованием активированных композиций отечественного растительного сырья: автореф. дис. … канд. техн. наук. Воронеж, 2018. 20 с.

14. Функ И.А., Иркитова А.Н. Биотехнологический потенциал бифидобактерий // Acta Biologica Sibirica. 2016. Т. 2. № 4. С. 67–79.

Журавлёв Д.Е.
студент
Научный руководитель: ***Салманова Д.А.***
к.т.н., доцент,
salmanova.dinara@yandex.ru
Северо-Кавказский федеральный университет,
Россия, Ставрополь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАКТОФЕРРИНА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ МОЛОЧНОГО СЫРЬЯ, ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы применения лактоферрина – многофункционального белка, обладающего иммуномодулирующими, антимикробными и антиоксидантными свойствами, в производстве функциональных и специализированных продуктов питания. Описаны современные методы выделения лактоферрина из молочного сырья, проанализированы технологические сложности его промышленного использования. Представлены примеры успешных разработок обогащённых продуктов, а также оценён потенциал лактоферрина для создания диетических, детских и лечебно-профилактических пищевых изделий.

Ключевые слова: лактоферрин; молочное сырьё; функциональные продукты; специализированные продукты питания.

Спектр биологических эффектов лактоферрина исключительно широк. В научной литературе описаны его антибактериальные, противовирусные, антигрибковые, антиоксидантные, иммуномодулирующие, противовоспалительные, остеогенные и противоопухолевые свойства. Такое разнообразие активности объясняется комбинацией нескольких механизмов. Первый и, вероятно, наиболее изученный механизм связан со способностью лактоферрина хелатировать железо. Второй механизм – прямое взаимодействие лактоферрина с клеточными стенками микроорганизмов. И третий механизм реализуется через связывание лактоферрина со специфическими рецепторами на поверхности иммунокомпетентных клеток – лимфоцитов, моноцитов, макрофагов, дендритных клеток и других.

Лактоферрин получают из различных источников. Концентрация лактоферрина в молоке существенно варьирует в зависимости от вида животного, периода лактации и индивидуальных особенностей [3]. Наиболее высокое содержание отмечено в женском молоке, где в молозиве оно достигает 5 г/л, а в зрелом молоке составляет 2–3 г/л. В коровьем молоке концентрация лактоферрина значительно ниже – порядка 0,1–0,3 г/л, что создаёт определённые технологические сложности при промышленном выделении. Однако именно лактоферрин, полученный из коровьего молока, является основным коммерческим продуктом благодаря масштабам молочного животноводства и отработанным технологиям переработки [1].

Традиционным сырьём для выделения лактоферрина служат:

- обезжиренное молоко (содержание жира не более 0,05–0,1 %);
- подсырная сыворотка (сладкая и кислая);
- казеиновая сыворотка.

Каждый из этих источников имеет свои особенности. Подсырная сыворотка, например, содержит лактоферрин в более низкой концентрации, но доступна в больших объёмах как побочный продукт сыроделия. Казеиновая сыворотка, напротив, может быть обогащена лактоферрином, переходящим в эту фракцию при изоэлектрическом осаждении казеина.

Промышленное выделение лактоферрина базируется преимущественно на комбинации мембранных и хроматографических методов. Классическая технологическая схема включает следующие этапы:

1. Предварительная обработка сырья – пастеризация, обезжиривание, удаление казеина (при необходимости).
2. Катионообменная хроматография – ключевой этап, использующий высокое значение изоэлектрической точки лактоферрина. При pH около 6,5–7,0 белок несёт положительный заряд и сорбируется на катионитах, тогда как большинство других сывороточных белков (α-лактальбумин, β-лактоглобулин) имеют отрицательный заряд и проходят через колонку.
3. Элюирование – десорбция целевого белка осуществляется повышением ионной силы (раствором хлорида натрия) или изменением pH.
4. Концентрирование и обессоливание – ультрафильтрация через мембраны с отсечкой 5–10 кДа.
5. Стерилизующая фильтрация и сушка (лиофилизация или распылительная сушка).

Среди альтернатив – аффинная хроматография на гепарине или антителах, но она экономически оправдана только для фармацевтических препаратов высокой степени чистоты.

На активность лактоферрина в пищевых продуктах влияет ряд факторов.

• Нативные свойства белка могут быть утрачены, в частности, из-за термической обработки. Аполактоферрин (без железа) денатурирует выше 60–66°C. Хололактоферрин (с железом) стабильнее, но при нагреве свыше 90°C тоже теряет структуру. Поэтому пастеризация при 72°C (15 секунд) подходит только для железонасыщенной формы, а высокотемпературная стерилизация – нет.

• В кислой среде (pH ниже 4,0) лактоферрин теряет способность связывать железо, хотя его антимикробная активность, парадоксальным образом, может даже возрастать благодаря усилению катионных свойств.

• При пероральном приёме значительная часть лактоферрина (до 99 %) расщепляется в желудочно-кишечном тракте. Это ограничение частично преодолевается за счёт использования липосомальной инкапсуляции или включения в матрицы, защищающие белок от действия пепсина и трипсина.

Рассмотрим применение лактоферрина в производстве функциональных продуктов питания.

Продукты для иммунокоррекции и снижения инфекционной заболеваемости. Наиболее убедительные доказательства эффективности обогащения лактоферрином получены при исследовании продуктов для детей раннего возраста. Рандомизированные клинические исследования показали, что добавление бычьего лактоферрина в детские смеси достоверно снижает частоту позднего сепсиса у недоношенных детей с низкой массой тела при рождении. Эти данные легли в основу рекомендаций по обогащению продуктов детского питания лактоферрином, что уже реализовано в ряде стран [5].

Для взрослых групп населения наиболее востребованными являются продукты, предназначенные для:

- профилактики респираторных инфекций (особенно в эпидемические сезоны);
- поддержки иммунного статуса при повышенных физических нагрузках;
- восстановления после перенесённых заболеваний.

Рекомендуемая дозировка для взрослых составляет около 64 мг в сутки для достижения антивирусного и антимикробного эффекта.

Продукты для коррекции железодефицитных состояний. Проблема дефицита железа остаётся одной из наиболее распространённых форм нутриентной недостаточности во всём мире. Традиционные подходы к обогащению продуктов железом сопряжены с рядом трудностей: нежелательными органолептическими изменениями (металлический привкус, изменение цвета), низкой биодоступностью, возможным проксидантным действием.

Использование комплекса лактоферрина с железом позволяет преодолеть эти ограничения. Особенность комплекса лактоферрина с железом заключается в том, что белок сохраняет способность связывать и удерживать железо в широком диапазоне pH, предотвращая его каталитическую активность в отношении окисления липидов. При этом железо эффективно высвобождается в тонком кишечнике и усваивается организмом.

Потенциальными продуктами-носителями для комплекса лактоферрина с железом могут служить:

- молочные напитки и йогурты;
- зерновые завтраки;
- хлебобулочные изделия;
- продукты для спортивного питания.

Продукты для поддержки метаболического здоровья. Сравнительно новое направление – использование лактоферрина в продуктах, предназначенных для профилактики метаболического синдрома. Имеются данные о том, что лактоферрин способен взаимодействовать с рецепторами инсулина, усиливая его сигнальную трансдукцию и улучшая утилизацию глюкозы клетками. Кроме того, описано положительное влияние лактоферрина на липидный профиль и артериальное давление.

Хотя механизмы этих эффектов требуют дальнейшего изучения, уже сегодня можно говорить о перспективности создания функциональных продуктов с лактоферрином для лиц с избыточной массой тела, преддиабетом и начальными проявлениями сердечно-сосудистых нарушений.

Рассмотрим возможные варианты использования лактоферрина для производства специализированных продуктов питания.

Одним из таких направлений является спортивное питание. Спортивное питание представляет собой один из наиболее динамично развивающихся сегментов рынка специализированной пищевой продукции. Лактоферрин находит здесь применение по нескольким причинам.

Во-первых, как белок с высокой биологической ценностью, он может рассматриваться в качестве дополнительного источника аминокислот для поддержки анаболических процессов в мышечной ткани. Во-вторых, его иммуномодулирующие свойства особенно востребованы в периоды интенсивных тренировок, когда организм спортсмена подвергается повышенному риску инфекционных заболеваний. В-третьих, способность лактоферрина связывать избыточное железо может предотвращать оксидативный стресс, индуцируемый физическими нагрузками.

Формы выпуска спортивных продуктов с лактоферрином варьируются от порошковых смесей для приготовления напитков до готовых к употреблению протеиновых батончиков и напитков.

В категории лечебно-профилактического питания лактоферрин может использоваться в составе продуктов, предназначенных для пациентов, в том числе, с воспалительными заболеваниями кишечника [4]. Как показано в исследованиях, лактоферрин не только подавляет рост патогенной микрофлоры, но и уменьшает проявления воспаления, препятствуя продукции провоспалительных цитокинов.

Другое перспективное направление – использование лактоферрина в нутритивной поддержке онкологических пациентов. Противоопухолевая активность лактоферрина уже была продемонстрирована в отношении клеток рака толстой кишки, лёгких, мочевого пузыря и молочной железы.

Помимо этого, использование лактоферрина рекомендовано для производства геродиетического питания [2]. Остеогенная активность лактоферрина делает его потенциальным компонентом продуктов питания для профилактики остеопороза. Также существуют некоторые данные о нейропротекторных эффектах лактоферрина, что делает данный компонент рекомендованным к применению для категории лиц, страдающих синдромом Паркинсона и болезнью Альцгеймера.

Рассмотрим технологические подходы к созданию продуктов, обогащённых лактоферрином.

Одним из основных этапов производства продукта, содержащего лактоферрина является выбор продукта-носителя. Не всякий пищевой продукт подходит для обогащения лактоферрином. Критериями выбора служат:

- совместимость с технологическим процессом (температурные режимы, pH, наличие других компонентов);
- стабильность белка в матрице продукта в течение всего срока хранения;
- сохранение органолептических свойств;
- биоактивность лактоферрина после прохождения продукта через желудочно-кишечный тракт.

Наиболее адекватными носителями признаны:

- Жидкие молочные продукты, не подвергающиеся высокотемпературной обработке после внесения лактоферрина. Это могут быть пастеризованные напитки, йогурты (с внесением после ферментации), творожные продукты.
- Сухие смеси – детские молочные смеси, протеиновые порошки, сухие завтраки. В этом случае проблема термостабильности решается за счёт того, что лактоферрин вносят после завершения тепловых этапов производства.
- Продукты с пониженной активностью воды – протеиновые батончики, пасты, некоторые виды кондитерских изделий.

Лактоферрин легко разрушается пищеварительными ферментами, поэтому в продуктах, где важно донести его до кишечника в активном виде, приходится прибегать к защитным решениям. Среди инновационных решений – микрокапсулирование и липосомальная инкапсуляция. С помощью этих технологий лактофееррин заключают либо в полимерную оболочку, либо в фосфолипидные везикулы. В таком случае, полученные капсулы не боятся желудочного сока и раскрываются только в тонком кишечнике.

Лактоферрин, получаемый из молочного сырья, представляет собой уникальный компонент для производства функциональных и специализированных продуктов питания. Дальнейшие исследования в данном направлении должны быть направлены на оптимизацию технологических режимов включения лактоферрина в различные пищевые матрицы, углублённое изучение механизмов его биологической активности при пероральном приёме и расширение клинической доказательной базы для различных групп населения. Особого внимания заслуживают вопросы стандартизации методов анализа лактоферрина в готовых продуктах и разработка нормативной базы, регламентирующей его использование в специализированных категориях пищевой продукции.

Список литературы

1. Ал-Саади, А. А. А. Лактоферрин в молоке и его применение / А. А. А. Ал-Саади, О. И. Соловьева // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева: Сборник статей, Москва, 05–07 июня 2023 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 319-322.

2. Васильев, С. А. Лактоферрин как объект исследования / С. А. Васильев // Фундаментальные и прикладные научные исследования в современном мире: Сборник научных статей по материалам I Международной научно-практической конференции. В 3 ч., Уфа, 14 февраля 2023 года. Том Часть 1. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр «Вестник науки», 2023. – С. 31-35.

3. Ионова, И. И. лактоферрин из молочного сырья / И. И. Ионова, Н. А. Тихомирова // Переработка молока. – 2025. – № 10(312). – С. 16-18.

4. Калимуллина, Д. Б. Лактоферрин как альтернатива антибиотикопрофилактики при плановых нейрохирургических операциях / Д. Б. Калимуллина // Белые цветы: Сборник тезисов XII Международного молодёжного научного медицинского форума, посвящённого 80-летию победы в Великой Отечественной войне, Казань, 09–11 апреля 2025 года. – Казань: Казанский государственный медицинский университет, 2025. – С. 535-536.

5. Лактоферрин – белок функциональной направленности / Т. А. Антипова, С. В. Фелик, С. В. Симоненко [и др.] // Пищевая промышленность. – 2023. – № 9. – С. 80-83.

Варушина С.Ю., Корноухова О.Д., Тимкачев Д.А.
студенты
svarushina@bk.ru
Научный руководитель: ***Хромова Н.Ю.***
к.т.н., доцент,
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
Россия, Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИИ И ПРЕБИОТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КОМПОНЕНТОВ КОРНЯ ОДУВАНЧИКА (*TARAXACUM OFFICINALE*)

Аннотация. В статье представлены результаты изучения состава водного экстракта корня одуванчика лекарственного, а также оценка его пребиотического потенциала. Было установлено, что наиболее эффективным методом выделения фруктанов является водная экстракция при температуре 50°C в течение 20 мин при соотношении корня одуванчика к воде 1:50. Показано, что добавление экстракта корня одуванчика к питательной среде стимулировало рост лактобактерий.

Ключевые слова: экстракция; фруктаны; одуванчик лекарственный; пребиотики; пробиотики.

Введение

Известно, что микробные популяции способны сосуществовать с хозяином на основе взаимовыгодных отношений, формируя сложную многофункциональную микроэкологическую систему, выполняющую важную роль в поддержании общего гомеостаза организма [2]. Доказано, что пробиотические штаммы обеспечивают устойчивость организма к действию патогенов, а также синтезируют полезные вещества, например, короткоцепочечные жирные кислоты [8].

Особую роль в микробиоме играют бактерии, способные оказывать противомикробное действие. Так, например, представители рода *Lactobacillus* обладают такими механизмами

действия, как конкуренция за питательные вещества, выработка ингибирующих соединений, иммуностимуляция и конкуренция с патогенными бактериями за места связывания на эпителии кишечника, а также они продуцируют молочную, уксусную, муравьиную и другие кислоты для снижения pH, что может быть наиболее важным противомикробным механизмом [11].

Рост и метаболическую активность нормальной микрофлоры кишечника стимулируют пребиотики. Термин «пребиотик» обозначает селективно ферментируемые ингредиенты, которые вызывают специфические изменения в составе и/или активности желудочно-кишечной флоры, тем самым принося пользу здоровью человека [5]. Основное свойство пребиотиков – способность изменять состав и активность микробиоты ЖКТ [13]. Исследования показали, что пребиотическим эффектом, обладает большое число соединений: олигосахариды (соевый олигосахарид, фруктоолигосахариды); моносахариды (ксилит, раффиноза, сорбит, ксилобиоза и др.); дисахариды (лактулоза); полисахариды (целлюлоза, пектины, камеди, слизи, декстрин, инулин и др.); пептиды; ферменты; аминокислоты (валин, аргинин, глутаминовая кислота); антиоксиданты (витамины А, С, Е, каротиноиды, глутатион, и др.); ненасыщенные жирные кислоты (эйкозапентаеновая кислота и др.); органические кислоты и др. [1].

Растительные пребиотики – это самая обширная и распространённая группа соединений, обладающих данными свойствами. Отличительной особенностью состава углеводов корней одуванчика лекарственного является относительно высокое содержание инулина, являющегося запасным полисахаридом семейства сложноцветных и колокольчиковых [9]. Инулин – это полимер D-фруктозы, являющийся одним из самых ценных полисахаридов лекарственных растений, его пребиотическое действие доказано. Установлено, что введение инулина способно снизить воспаление кишечника, а также предотвратить образование предраковых и опухолевых очагов в толстой кишке путем стимуляции апоптоза колоноцитов [10].

Использование одуванчика охватывает сферы как официальной, так и нетрадиционной медицины, фитотерапии, в частности. Доказано, что препараты на основе корня одуванчика очищают кровь от лишнего холестерина, оказывают благотворное влияние на нервную систему, помогают при нарушениях сна, а также повышают иммунные возможности организма [4].

Таким образом, целью настоящей работы являлось исследование экстракции компонентов корня одуванчика и оценка их пребиотического потенциала в отношении лактобактерий.

Материалы и методы

В качестве растительного сырья был использован измельчённый высушенный корень одуванчика, прошедший первичную обработку (очистку и обеспыливание) (Барнаул, Россия). Содержание сухих веществ (СВ) рассчитывали исходя из определения влажности образца при измерении потери в массе при высушивании [6].

Микробными объектами исследования являлись пробиотические штаммы *Lactobacillus plantarum* B-11007, B-3960 и B-5145, полученные из Национального биоресурсного центра Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов НИЦ «Курчатовский институт» (ВКПМ, Москва, Россия).

Выделение фруктанов из корня одуванчика проводили методом экстракции при температуре 50°С на водяной бане при постоянном перемешивании. В качестве экстрагента была использована подкисленная дистиллированная вода (pH 5,0). Продолжительность экстракции составляла 20 мин. Соотношение порошка корня одуванчика и экстрагента составляло 1:50.

Содержание общих фенолов в экстрактах определяли колориметрическим методом с помощью реактива Фолина-Чокальтеу по методу Singleton & Rossi с некоторыми модификациями [15]. Экстракты (0,25 мл) смешивали с 1,25 мл реактива Фолина-Чокальтеу, предварительно разбавленного бидистиллированной водой в пропорциях 1/10, и перемешивали раствор. Через 3 мин добавляли 1 мл 7,5 % раствора карбоната натрия и смесь инкубировали в течение 2 ч в темноте при комнатной температуре. Поглощение каждого образца измеряли при 765 нм, используя спектрофотометр СФ-104 (Аквилон, Россия). Содержание полифенолов в экстрактах определяли в миллиграммах эквивалента галловой кислоты.

Спектроскопию проводили в видимой и УФ области света (600-190 нм), используя спектрофотометр СФ-104 (Аквилон, Россия). Базовую линию снимали по растворителю, ис-

пользуемому в качестве экстрагента в анализируемом образце в той же концентрации, что и в опытной пробе. В случае если оптическая плотность превышала 1,5 единицы, пробы разводили дистиллированной водой, чтобы детектируемые пики попадали в рекомендуемый диапазон оптической плотности (0,3–1,5). Обработку полученных данных проводили с помощью программного обеспечение UV-WIN.

Для оценки пребиотического потенциала компонентов корня одуванчика была проведена серия экспериментов по культивированию пробиотических культур лактобактерий в питательной среде с добавлением экстракта, содержащего наибольшее количество фруктанов. Периодическое культивирование лактобактерий проводили в пробирках при 37 °С в течение 14 ч без перемешивания в среде MRS (1/2 состава, г/л): пептон – 5; $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ – 1; ацетат натрия – 1,635; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,1; цитрат аммония – 1; $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ – 0,025; дрожжевой экстракт – 2,5 [13].

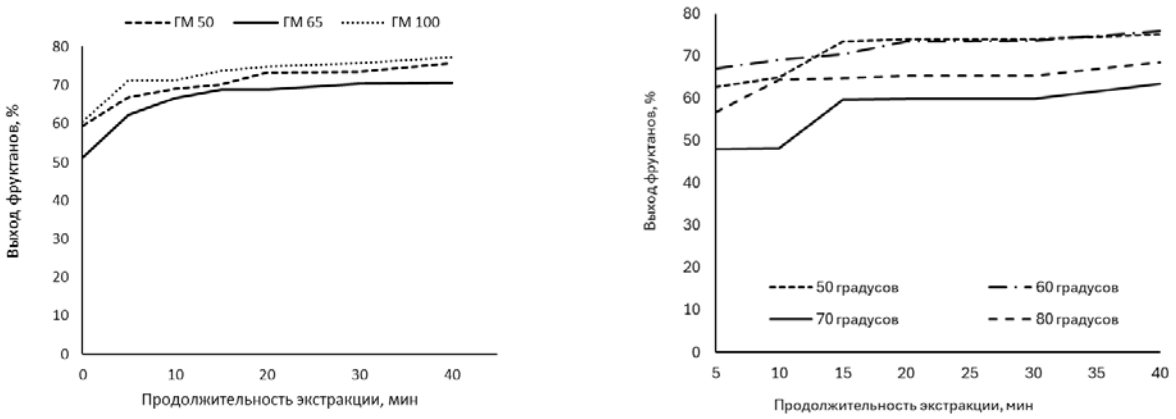
Экстракт корня одуванчика добавляли в пробирки со средами в различных пропорциях (1:1; 1:3; 1:9; 1:19) и автоклавировали вместе со средой в течение 30 мин при 0,7 ати. Контрольные эксперименты проводили без добавления экстракта в питательные среды. О росте лактобактерий судили по оптической плотности и изменению pH среды [7].

Статистическую обработку данных осуществляли с применением программного обеспечения MS Excel 2019.

Результаты и обсуждение

Для определения оптимальных параметров извлечения фруктанов из корня одуванчика была изучена кинетика экстракции полисахаридов в зависимости от гидромодуля и температуры экстракции. Установлено, что наибольший выход фруктанов относительно сухого вещества наблюдали при гидромодуле 100 (рис. 1а). Однако для дальнейших исследований был выбран гидромодуль 50, где выход был приблизительно таким же, но концентрация экстрагированных соединений была выше в два раза за счет увеличения массы навески.

При исследовании влияния температуры на экстракцию полисахаридов было установлено, что наибольший выход фруктанов наблюдали при температурах 50 и 60 °С (рис. 1б), но с учетом энергозатрат предпочтительнее использовать 50°С. При этом для процесса экстракции достаточно 20 мин, после которых увеличения выхода фруктанов не наблюдали.



а) *б)*

Рис. 1. Зависимости выхода фруктанов от продолжительности экстракции при варьировании гидромодуля (а) и температуры (б)

Актуальным направлением исследования в области пребиотических компонентов являются полифенольные соединения растений [3], поэтому экстракт корней одуванчика также был исследован путем спектрального анализа (рис. 2). Полученные спектры поглощения свидетельствовали о содержании фенольных кислот и рутина, максимумы которых по литературным данным соответствуют 220 и 360 нм [12, 16].

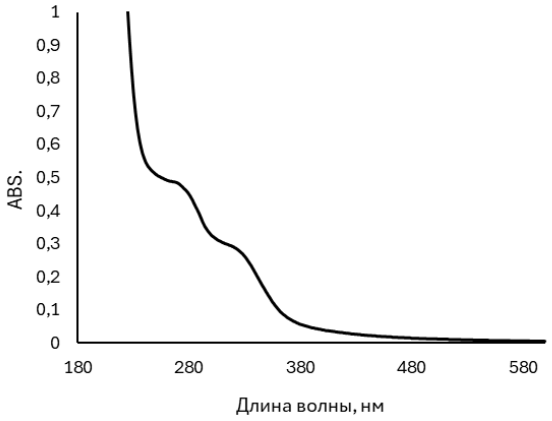
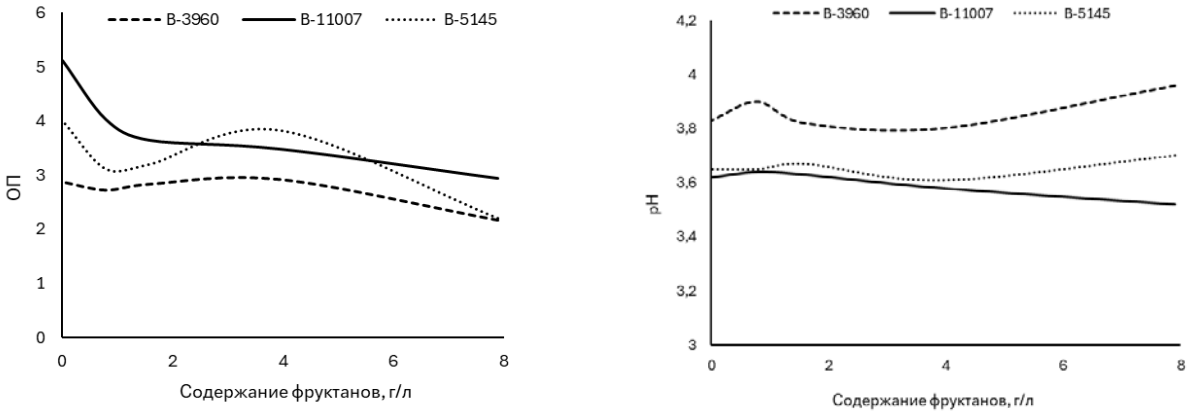


Рис. 2. Спектры поглощения водного экстрактов корня одуванчика, полученного при 50°С

Содержание общих фенолов, определённое колориметрическим методом, составило 136 мг/л.

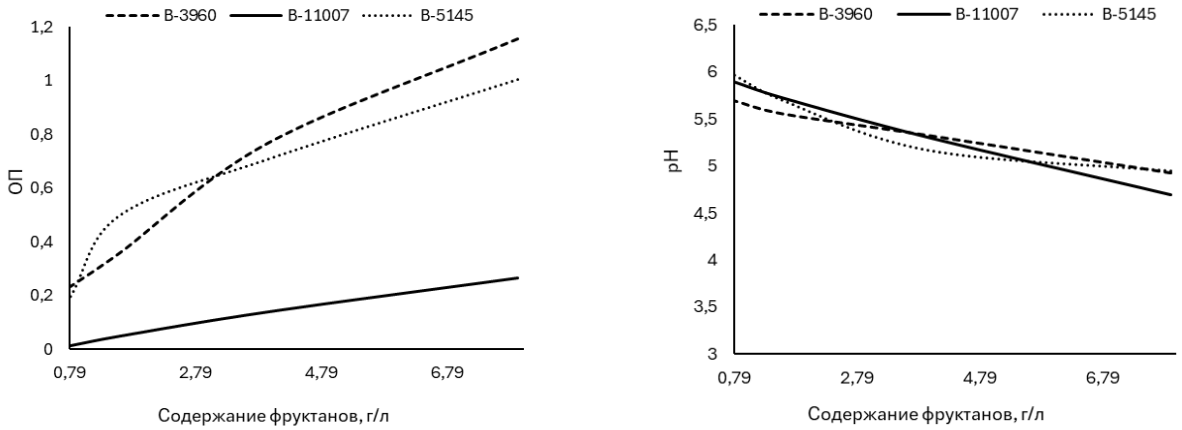
Для оценки пребиотического потенциала водного экстракта корня одуванчика, содержащего полифенольные компоненты и фруктаны, исследовали рост лактобактерий при его добавлении в питательные среды, содержащие глюкозу. Установлено, что экстракт корня одуванчика ингибировал рост штамма В-11007 по сравнению с контролем при всех рассмотренных концентрациях, однако с увеличением содержания фруктанов наблюдали незначительное снижение pH (рис. 3а, б). Напротив, у штаммов В-5145 и В-3960 наблюдали увеличение накопления биомассы при содержании фруктанов корня одуванчика в среде 4 г/л.



а) *б)*

Рис. 3. Зависимости оптической плотности (а) и pH (б) от содержания фруктанов при исследовании роста лактобактерий в среде с глюкозой

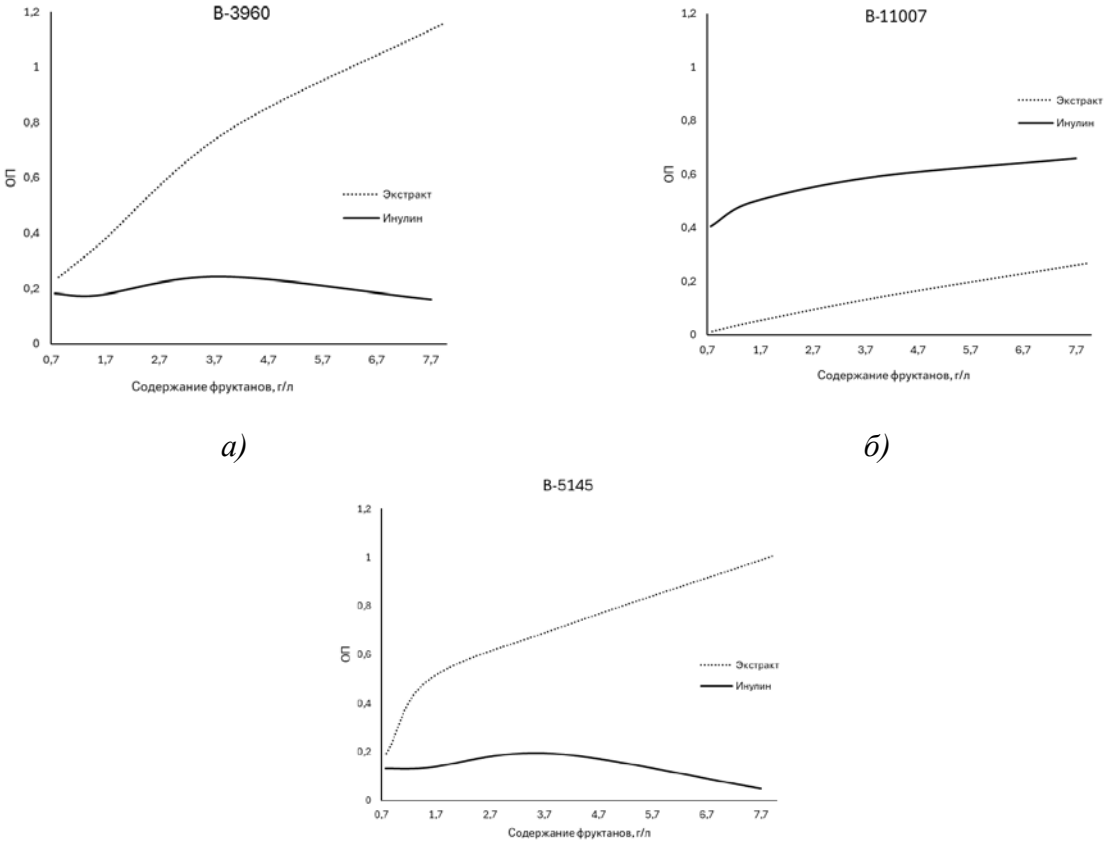
На следующем этапе был изучен рост лактобактерий на средах, содержащих экстракт одуванчика в качестве единственного источника углерода. Установлено, что с увеличением концентрации полисахаридов происходило как увеличение оптической плотности, так и стимулирование энергетического обмена у лактобактерий (рис. 4а, б).



а) *б)*

Рис. 4. Зависимости оптической плотности (а) и pH (б) от содержания фруктанов при исследовании роста лактобактерий на среде без глюкозы

Также было проведено сравнение роста лактобактерий по оптической плотности в средах, содержащих в качестве источника углерода инулин и полисахариды экстракта одуванчика. Установлено, что фруктаны экстракта одуванчика стимулировали рост штаммов *L. plantarum* B-3960 и B-5145, в отличие от инулина (рис. 5 а, в).



а) *б)*

в)

Рис. 5. Сравнение зависимостей оптической плотности от концентрации инулина и фруктанов экстракта при исследовании роста штаммов лактобактерий B-3960 (а), B-11007 (б) и B-5145 (в)

Напротив, штамм *L. plantarum* B-11007 накапливал большее количество биомассы в среде с чистым инулином (рис. 5б).

Выводы

Исследован процесс выделения фруктанов из корня одуванчика путём водной экстракции. Установлено, что условиями для эффективного процесса экстракции являются: продолжительность 20 мин, температура 50 °С при соотношении сухого вещества к воде 1:50. Добавление экстракта корня одуванчика в питательные среды оказывало стимулирующее действие на рост пробиотических штаммов *L. plantarum* В-3960 и В-5145, что, вероятно, связано с пребиотическим действием фруктанов.

Список литературы

1. Ардатская М. Д. Пробиотики, пребиотики и метабиотики в коррекции микроэкологических нарушений кишечника // Медицинский совет. – 2015. – № 13. – С. 94-99.

2. Бережной В. В. и др. Микрофлора человека и роль современных пробиотиков в ее регуляции // Здоровье женщины. – 2004. – Т. 1. – № 17. – С. 134-139.

3. Бобрышева Т. Н. и др. Полифенолы как перспективные биологически активные соединения //Вопросы питания. – 2023. – Т. 92. – №. 1 (545). – С. 92-107.

4. Елисеева Т., Ткачева Н. Одуванчик (лат. Taráxacum) // Журнал здорового питания и диетологии. – 2017. – Т. 1. – № 1. – С. 12-22.

5. Масирбаева А. Д. и др. Клиническое применение пробиотиков и пребиотиков // Микробиология және вирусология. – 2023. – № 1 (40). – С. 72-84.

6. Общая биотехнология. Лабораторный практикум: учебное пособие / И. В. Шакир [и др.] – М: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. – 120 с.

7. Практикум по микробиологии / А. И. Нетрусов [и др.] – М.: Академия, 2005. – 608 с.

8. Руженцова Т. А. Роль пробиотиков в формировании иммунитета // Лечащий врач. – 2018. – № 4. – С. 27.

9. Тулаганов А. А., Юлдашева С. Ш. Биоэкологические свойства одуванчика лекарственного Taraxacum officinale Wigg // Вестник науки и образования. – 2020. – № 12-2 (90). – С. 7-9.

10. Эрран А. Р. и др. Бактерии, расщепляющие глютен, присутствуют в тонком кишечнике здоровых добровольцев и пациентов с целиакией // Исследования в области микробиологии. – 2017. – Т. 168. – № 7. – С. 673-684.

11. Chen C. C. et al. Antimicrobial activity of Lactobacillus species against carbapenem-resistant Enterobacteriaceae // Frontiers in microbiology. – 2019. – Vol. 10. – P. 789.

12. da Graça Campos M., Markham K. R. Structure information from HPLC and on-line measured absorption spectra: flavones, flavonols and phenolic acids. – Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2007.

13. De Man J.C., Rogosa M., Sharpe M.E. A medium for the cultivation of lactobacilli // Journal of applied Bacteriology. – 1960. – Vol. 23. – № 1. – pp. 130-135.

14. Tewari S., Dubey K. K., Singhal R. S. Evaluation and application of prebiotic and probiotic ingredients for development of ready to drink tea beverage // Journal of food science and technology. – 2018. – Vol. 55. – No 4. – pp. 1525-1534.

15. The influence of polyphenol compounds on human gastrointestinal tract microbiota / Wiciński M. [et al]. // Nutrients. – 2020. – Vol. 12. – No. 2. – pp. 350.

16. QING D. U. Detection and Development on Total Flavonoids by the Way of Al (NO3) 3 Ultraviolet Colorimetry //RESEARCH & INVESTIGATIONS IN SPORTS MEDICINE Учредители: Crimson Publishers. – 2020. – Vol. 7. – No. 2.

Алибекова С.
студент
Научный руководитель: ***Наркабулова Н.***
к.т.н., доцент,
nargiza.narkabulova@gmail.com
Ташкентский государственный аграрный университет,
Узбекистан, Ташкент

ПОЛУЧЕНИЕ ЧЕРНОГО ЧЕСНОКА ПУТЕМ ФЕРМЕНТАЦИИ И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО БИОАКТИВНЫХ СВОЙСТВ

Аннотация. Чёрный чеснок представляет собой инновационный объект пищевой биотехнологии, получаемый в результате глубокой переработки свежего чеснока (Allium sativum L.). Процесс основывается на методе контролируемого термического созревания (старения) в строго детерминированных гидротермических условиях, без применения дополнительных микробиологических культур или химических добавок. В последние годы данный продукт привлекает пристальное внимание междисциплинарного научного сообщества благодаря своей превалирующей антиоксидантной активности и уникальному нутрицевтическому профилю, значительно превосходящему показатели нативного сырья.

Ключевые слова: черный чеснок; ферментация; реакция Майяра; термическое старение; антиоксидант; функциональный продукт.

Чёрный чеснок представляет собой продукт переработки свежего чеснока (Allium sativum L.), получаемый в результате длительного термического созревания при строго контролируемых параметрах температуры и влажности без использования каких-либо посторонних добавок. В ходе данного процесса наблюдается значительное снижение содержания аллицина, который трансформируется в биоактивные алкалоиды и флавоноидные соединения. Данная биохимическая конверсия способствует нейтрализации резкого запаха и формированию мягкого органолептического профиля продукта. Продолжительность процесса созревания детерминируется технологическими регламентами и целевым назначением конечного продукта. Процесс «самоферментации» коренным образом модифицирует химический состав чеснока, вызывая рост концентрации полисахаридов, общих редуцирующих сахаров, протеинов, сероорганических соединений, фенольных фракций и высокомолекулярных пигментов – меланоидинов. В сравнении с нативным сырьем, чёрный чеснок характеризуется более мягким ароматом, специфической окраской (от темно-коричневого до черного), а также сладко-кислым вкусовым профилем. Глубокие химические трансформации, протекающие в процессе обработки, обеспечивают пролонгацию срока хранения и микробиологическую стабильность продукта. Релевантные научные данные подтверждают, что чёрный чеснок обладает более выраженной биологической активностью, включая антиоксидантные, антимикробные и антиканцерогенные свойства, по сравнению со свежим чесноком.

Относительно углеводного профиля следует отметить, что в обеих формах чеснока присутствуют глюкоза, сахароза и фруктоза, однако их количественные соотношения существенно различаются. В процессе гидротермической обработки при температурах 60–90 °C наблюдается интенсивная деструкция сложных углеводов и фруктов. В результате гидролиза происходит накопление моносахаридов (глюкозы и фруктозы), что обуславливает специфический сладкий вкус чёрного чеснока. Одним из наиболее значимых качественных показателей продукта является его многократно возросшая антиоксидантная емкость. В качестве объекта исследования использовались луковицы свежего чеснока (Allium sativum L.). Образцы, отобранные для эксперимента, соответствовали требованиям однородности по размеру и отсутствию механических повреждений. Процесс ферментации осуществлялся в специализированной термостатируемой камере с автоматизированным контролем температурно-влажностного режима. В ходе исследования проводился непрерывный мониторинг параметров среды.

Для проведения сравнительного анализа образцы чеснока были подготовлены в двух вариантах:

Первая группа образцов (23 головки чеснока) была обернута в один слой пергаментной бумаги и два слоя алюминиевой фольги. Упаковка осуществлялась без плотного прилегания слоев для обеспечения умеренной аэрации внутри образца.

Образцы чеснока в количестве 12 единиц были подвергнуты двухслойной упаковке: первичным слоем послужила полимерная стретч-пленка, вторичным – пергаментная бумага.

Оба образца подвергались контролю и выдерживались в течение 40 суток при температуре 58–60 °C с применением непрерывной тепловой обработки, обеспечивающей условия для протекания ферментационных процессов. Подобный температурный режим является оптимальным для инициирования и поддержания неферментативных реакций потемнения, а также для активации эндогенных ферментативных систем сырья.

В ходе ферментации в тканях чесночных головок происходил комплекс взаимосвязанных биохимических и физико-химических преобразований. В частности, ключевую роль играла реакция Майяра, в рамках которой свободные аминокислоты взаимодействовали с редуцирующими сахарами. Данные реакции сопровождались образованием меланоидинов высокомолекулярных окрашенных соединений, обусловливающих постепенное потемнение продукта вплоть до характерного чёрного цвета. Одновременно происходило формирование специфического вкусо-ароматического профиля, характеризующегося появлением мягкого сладковатого вкуса, снижением резкости и исчезновением типичного для свежего чеснока жгучего запаха. Кроме того, в процессе термообработки и ферментации наблюдались изменения в содержании влаги, растворимых сухих веществ, а также трансформация серосодержащих соединений, что дополнительно влияло на органолептические показатели продукта. Установлено, что длительное воздействие умеренно повышенных температур способствует повышению биодоступности некоторых биологически активных компонентов.

В результате проведённого исследования установлено, что после ферментации исследуемые образцы претерпели значительные изменения физико-химических и органолептических свойств. Отмечено достоверное изменение цветовых характеристик, текстуры и вкусового профиля продукта. Полученные данные свидетельствуют о том, что выбранный режим термической обработки (58–60 °C, 40 суток) является эффективным для получения продукта с улучшенными потребительскими свойствами и стабильными качественными показателями. Результаты могут быть использованы при разработке технологий переработки чеснока и создании функциональных пищевых продуктов.

Заключение

В результате проведённых исследований установлено, что путём контролируемой ферментации обычного чеснока возможно получение чёрного чеснока с высокой биологической ценностью (рис.). В ходе процесса под воздействием реакция Майяра происходят существенные изменения физико-химических и органолептических свойств продукта. В частности, чёрный чеснок приобретает окраску от тёмно-коричневой до насыщенно чёрной, характеризуется мягкой и эластичной текстурой. Его вкус утрачивает характерную горечь и становится приятным, сладким с карамельными нотами. Одновременно в процессе ферментации наблюдается повышение антиоксидантной активности, что свидетельствует об усилении функциональных свойств продукта. Таким образом, чёрный чеснок представляет собой продукт с высокой пищевой и биологической ценностью и может рассматриваться как перспективный функциональный пищевой ингредиент, рекомендованный для включения в рацион с целью улучшения качества питания и поддержания здоровья человека.

Рис. Динамика изменения цвета головок чеснока в процессе ферментации, приводящей к образованию чёрного чеснока (с 1 по 40 день)

Список литературы

1. Кимура С., Тунг Ю.С. (2017). Черный чеснок: критический обзор его производства, биологической активности и применения. Научный журнал о продуктах питания.
2. Чой И.С., Ча Х.С., Ли Ю.С. (2014). Физико-химические и антиоксидантные свойства черного чеснока. Молекулы.
3. Бэй С. Е., Чо С.Ю. (2012). Изменения содержания S-аллилцистеина и антиоксидантной активности при обработке черного чеснока. Международная организация исследований пищевых продуктов.
4. Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО). (2019). Руководство по производству и переработке чеснока. Рим.
5. Borlinghaus J., Albrecht F., Gruhlke M.C.H., Slusarenko A.J. (2014). Аллицин: химия и биологические свойства. Молекулы.
6. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). (2020). Диета, правильное питание и профилактика хронических заболеваний.

Кузнецова Е.И., Баринова А.П.
студенты
katekuznetsova03@gmail.com
Научный руководитель: ***Лияськина Е.В.***
к.б.н., доцент,
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет,
Россия, Саранск

ПОЛУЧЕНИЕ БИОКОМПОЗИТОВ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМ ДЕЙСТВИЕМ НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК, ГИДРОГЕЛЕЙ И АЭРОГЕЛЕЙ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Аннотация. Впервые получены биокомпозиционные материалы на основе бактериальной целлюлозы и антибиотика тегициклина в форме пленок, аэрогелей и гидрогелей. Изуче-

ны их сорбционные свойства и антибактериальная активность. Показано, что наибольшей сорбционной активностью обладали биокомозиты в форме аэрогелей. Наибольшей антибактериальной активностью обладал биокомпозит на основе гидрогеля БЦ и тигециклина – зона ингибирования роста *S. aureus* составила (13±2) мм, *E. coli* (9±1) мм.

Ключевые слова: бактериальные экзополисахариды; бактериальная целлюлоза; гель-пленка; гидрогель; аэрогель; антибиотик; тегициклин.

В настоящее время бактериальная целлюлоза (БЦ) привлекает особое внимание исследователей в связи с ее такими уникальными свойствами как биосовместимость, высокая водоудерживающая способность, механическая прочность и т.д. [1,8,9]. Она имеет большие перспективы использования в медицине для получения раневых покрытий, доставки лекарств и в тканевой инженерии [8,9]. Однако БЦ не обладает антибактериальными свойствами. Данная проблема решается в настоящее время путем создания биокомпозиционных материалов с использованием наночастиц металлов, оксидов металлов, антисептиков, антибиотиков и т.д. [4,5]. Тигециклин является антибиотиком, входящим в группу глицилциклинов. Хотя препарат сходен по структуре с тетрациклинами он преодолевает два основных механизма резистентности к тетрациклинам («защиту рибосом» и эффлюкс). Тигециклин ингибирует трансляцию белка у бактерий, связываясь с 30S-субъединицей рибосом, при этом блокируя проникновение молекул аминоацил-тРНК на А-сайт рибосомы. Это в свою очередь предотвращает включение аминокислотных остатков в растущие пептидные цепи [3]. Уникальные свойства БЦ позволяют получать на ее основе различные формы функциональных материалов: пленки, гидрогели, аэрогели, трубчатые структуры [6,7].

Целью данного исследования было получение различных форм биокомпозиционных материалов на основе БЦ и тигециклина и изучение их сорбционных и антибактериальных свойств.

Объектами исследования являлись продуцент БЦ *Komagataeibacter sucrofermentans* B-11267, выделенный на кафедре биотехнологии и биохимии из симбиотического сообщества «Чайный гриб» [2], и биокомпозиционные материалы на основе БЦ и тегициклина в форме пленок, гидрогелей и аэрогелей.

С целью получения инокулята продуцент выращивали в динамических условиях в шейкере-инкубаторе ES-20/60 (Biosan, Латвия) при скорости перемешивания 250 об/мин и температуре 28 °С в течение суток. Гель-пленки БЦ получали в статических условиях при температуре 28 ºС в течение 7 суток на среде с мелассой в концентрации 50 г/л. После очистки гель-пленки БЦ гомогенизировали до получения однородной суспензии. С целью получения аэрогелей, образцы гидрогелей замораживали в низкотемпературном холодильнике в течение суток, далее подвергали лиофильному высушиванию на установке FreeZone (Labconco, США). Для получения биокомпозита гель-плёнки, гидрогели и аэрогели БЦ погружали в раствор антибиотика с концентрацией 300 мкг/мл. Содержание антибиотика количественно определяли спектрофотометрическим методом при длине волны 430 нм. Антибактериальную активность биокомпозитов исследовали диско-диффузионным методом в отношении грамположительной бактерии *S. aureus* и грамотрицательной бактерии *E. coli*.

В результате исследований получены биокомпозиционные материалы на основе различных форм бактериальной целлюлозы и тигециклина и изучена их сорбционная и антибактериальная активность. Показано, что наибольшей сорбционной способностью обладали аэрогели (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тигециклина в композите после сорбции

Образец	Содержание антибиотика, мкг/мг
Гидрогель	29,4±1,5
Аэрогель	34,1±3,3
Гель-плёнка БЦ	17,3±0,6

Результаты изучения антибактериальных свойств полученных материалов представлены в таблице 2 и на рисунках 1, 2. Наибольшей антибактериальной активностью обладал

биокомпозит на основе гидрогеля БЦ и тигециклина – зона ингибирования роста *S. aureus* составила (13±2) мм, *E. coli* (9±1) мм. Антибактериальная активность биокомпозита на основе гель-пленки и тигециклина составила (11±0,5) мм по отношению к *S. aureus* и (7,0±0,5) мм по отношению к *E. coli*. При изучении биокомпозита на основе аэрогеля БЦ и тигециклина зоны задержки роста *S. aureus* и *E. coli* составили (7,0±0,1) мм и (5±1) мм соответственно.

Таблица 2

Зоны задержки роста тест-микроорганизмов при использовании исследуемых биокомпозитов

Образец композита с антибиотиком	Диаметр зон отсутствия роста тест-культуры, мм	
	S. aureus	***E. coli***
Гель-плнка БЦ	11,0±0,5	7,0±0,5
Гидрогель БЦ	13±2	9±1
Аэрогель БЦ	7,0±0,1	5±1

Рис. 1. Зоны задержки роста S. aureus при использовании биокомпозитов на основе пленок (А), гидрогелей (Б) и аэрогелей БЦ и тигециклина

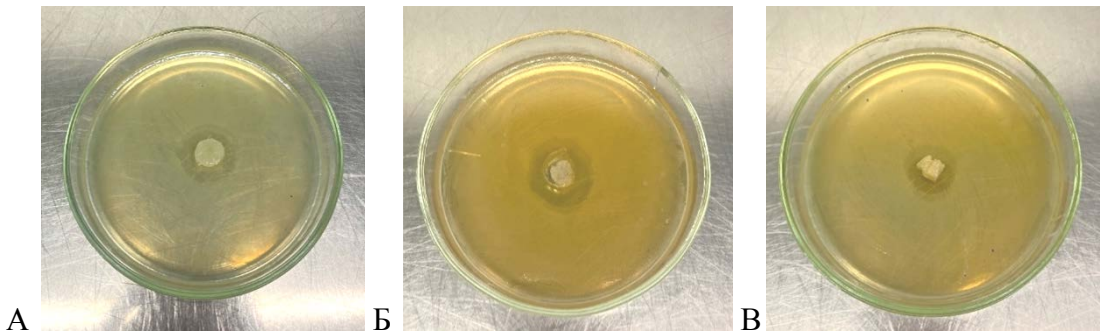


Рис. 2. Зоны задержки роста E. coli при использовании биокомпозитов на основе пленок (А), гидрогелей (Б) и аэрогелей БЦ и тигециклина

Таким образом, в ходе исследований получены биокомпозиционные материалы на основе БЦ и антибиотика тигециклина в форме гель-пленки, гидрогеля и аэрогеля. Показано, что полученные материалы обладают антибактериальной активностью как в отношении грамположительной бактерии *S. aureus*, так и в отношении грамотрицательной бактерии *E. coli*. При этом наибольшей активностью обладал гидрогель БЦ, а наибольшей сорбционной способностью аэрогель на основе БЦ. Полученные формы биокомпозитов имеют перспективу использования в качестве функциональных материалов медицинского назначения.

Список литературы

1. Выделение и характеристика продуцентов бактериальных экзополисахаридов и получение функциональных материалов на их основе: монография / Е. В. Лияськина [и др.]. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2022. 212 с.

2. Выделение и характеристика штаммов – продуцентов бактериальной целлюлозы / В. В. Ревин [и др.]. // Микробиология. 2020. Том 89, № 1. С. 88–98.

3. Кудрявцева Ю. А., Каноныкина А. Ю., Ефремова Н. А. Антибактериальная эффективность биодеградируемых мембран, содержащих тигециклин, в эксперименте *in vivo* // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2024. № 2. С. 110–119.

4. Нанокомпозиты на основе бактериальной целлюлозы / В.В. Ревин [и др.]. // Российские нанотехнологии. 2023. Т. 18, № 1. С. 63-71.

5. Bacterial Cellulose-Based Polymer Nanocomposites: A Review / V.V. Revin [et al.]. // Polymers. 2022. Vol. 14. P. 4670. URL: https://doi.org/10.3390/polym14214670

6. Cost-Effective Production of Bacterial Cellulose and Tubular Materials by Cultivating *Komagataeibacter sucrofermentans* B-11267 on a Molasses Medium / M.V. Parchaykina [et al.]. // Polymers. – 2025. – Vol. 17. – P. 179. URL:https://doi.org/10.3390/polym17020179

7. Production of Bacterial Cellulose Aerogels With Improved Physico-Mechanical Properties and Antibacterial Effect / V.V. Revin [et al.]. // Front. Bioeng. Biotechnol. 2020. Vol. 8. P. 603407. URL:https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.603407.

8. Production of Bacterial Exopolysaccharides: Xanthan and Bacterial Cellulose / V.V. Revin [et al.]. // Int. J. Mol. Sci. 2023. Vol. 24. P. 14608. URL:https://doi.org/10.3390/ijms241914608

9. Structural organization of bacterial cellulose: the origin of anisotropy and layered structures / T.I. Gromovykh. [et al.]. // Carbohydrate Polymers. 2020. Vol. 237. P. 116140–116152. URL: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116140.

Абдурахманова Л., Худайбергенов З.
студенты
Научный руководитель: ***Атаджанова А.У.***
старший преподаватель,
atadjanova-a@gmai.com
Ташкентский государственный аграрный университет,
Узбекистан, Ташкент

ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО КОМПЛЕКСА АНТОЦИАНОВ, АНТИОКСИДАНТОВ И БЕЛКОВ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СРЕДЕ

Аннотация. В статье рассматривается богатый состав и концентрация антоцианов антиоксидантов в составе чёрной смородины и извлечение синтезирование этих соединений из ягодного сырья и применение их в мясной продукции колбасных изделиях по стартовым культурам.

Ключевые слова: антиоксидант; антоциан; диффузия; оптический синтез; флавоноиды; экстракция.

В данной статье изучена биомасса говяжьего фарша белковый природы и растительный препарат из ягодного сырья, а также эффективных биобезопасных экстрагентов. Проведены сравнительные анализы для изучения оптической плотности антоцианов из ягод чёрной смородины и винограда с мясным фаршем.

В процессе проведения исследований было выявлено что введение в систему капа каррагинана по-разному влияет на выделение антоцианов из винограда и чёрной смородины. Добавить в систему 0,3 % капа карагинана снизить оптическую плотность антоцианов винограда с 1,40 до 1,10, с увеличением дозы до 0,8 % значение оптической плотности антоцианов снижается с 0,70 до 1,10 (рис. 1). Степень извлечения антоцианового пигмента винограда снижается 1-1,5 раз при присутствии в растворе 0,3 % и 0,8 % капа карагинана. Противоположно к этому добавление в белковый массы говяжьего фарша антоцианами из чёрной смо-

родины 0,3 %-ного капа карагинана увеличивает оптический плотность, увеличить дозу капа карагинана в массы 0,8 % повышает из извлечения на 1-1,5 раза (рис. 2).

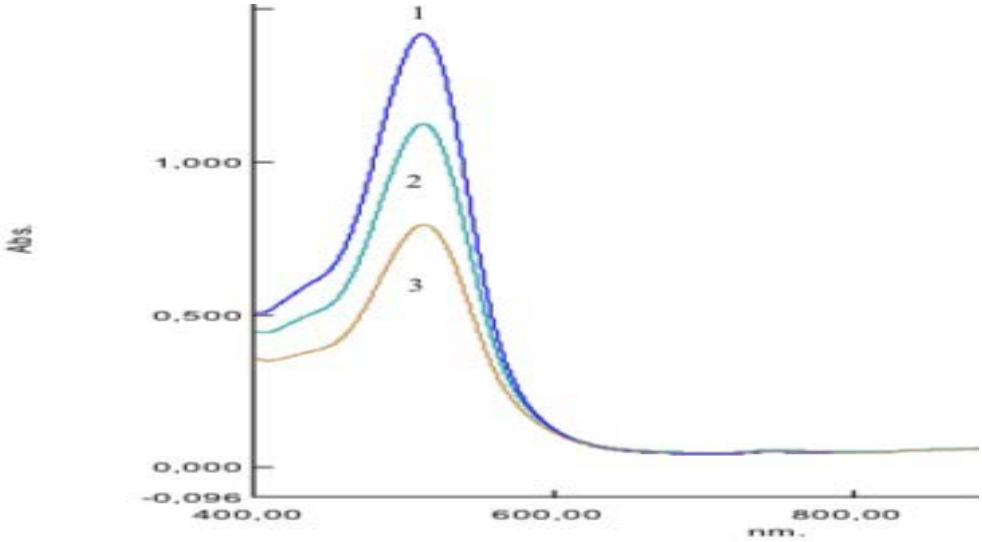


Рис. 1. УФ-спектры растворов антоцианов винограда и капа карагинана:
1 – без капакарагинана; 2 – 0,3 % капа карагинаном; 3 – 0,8 % капа карагинана

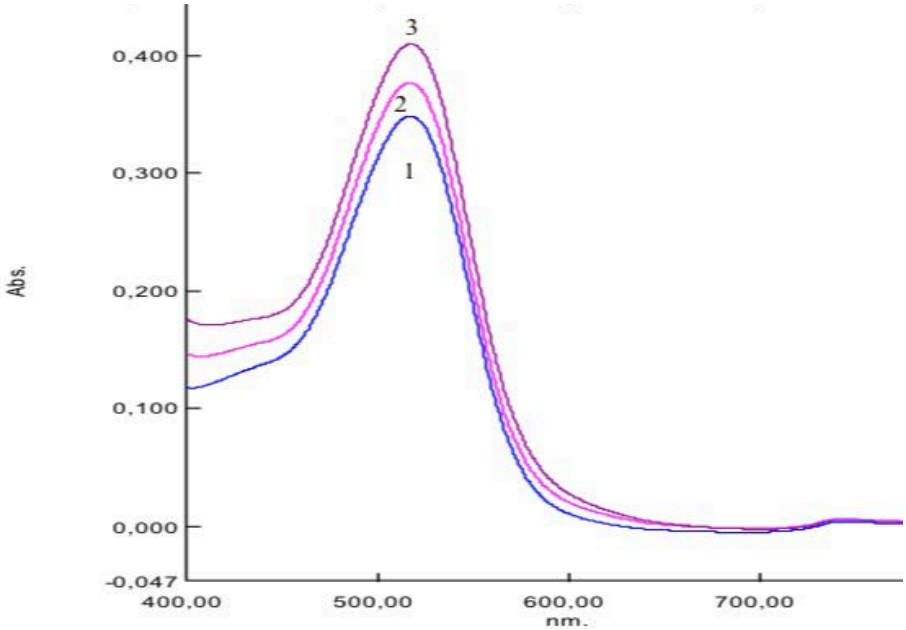


Рис. 2. УФ-спектры растворов антоцианов чёрной смородины и капа кара:
1 – без капа карагинана; 2 – 0.3 % капа карагинана; 3 – 0,8 % капа карагинана

Основными соединениями, определяющими уровень антиоксидантной активности ягод, является фенольные вещества и флавоноиды.

Таблица

Антирадикальная активность ягод чёрной смородины и винограда

Ягоды чёрной смородины					
Содержание продукта, мг/см^3	0,625	1,25	2,5	5	10
Поглощение радикала DPPH %	10	38,5	66,2	79	87,5
Ягоды винограда					
Содержание продукта, мг/см^3	0,625	1,25	2,5	5	10
Поглощение радикала DPPH %	2	29	50	70	78

Капа каррагинан из морских водорослей является хорошим студнеобразователем и геле образующим веществом. Представлена на рисунке значение динамической вязкости комплекса антоцианами при 0.3 % содержание капа каррагинана в комплексе. Вязкость комплекса антоцианы чёрной смородины и 0.3 % капа каррагинана в значениях (11.4 мПа), а антоцианами винограда и 0.3 % капа каррагинана значительно ниже 10.2 мПа.

Разное влияние капа карагинана на степень извлечения антоцианов зависит от некоторых факторов.

1.Существенно pH среда влияет на извлечение антоцианов максимальной степени выделения антоцианов чёрной смородины соответствует pH=3, антоцианов винограда pH=3,4 (рис. 1, 2).

2. Влияние капа каррагинана на извлечение антоцианов с разными показателями объясняется также структурой полисахаридов в составе капа карагинана её пропитывание воды и молекулярным строение аминокислот в составе мясного фарша.

3. По литературным источникам, одной из причин различной зависимости степени выделения антоцианов винограда и чёрной смородины с мясным фаршем от присутствия в реакционной среде может являться аскорбиновая кислота (C6H8O6) [2, 3, 5].

4. В составе низкое содержание ферментов, не разрушает витамина С и это придёт ягоде антирадикальные свойства. По литературным данным антирадикальная активность чёрной смородины намного выше, чем ягод винограда [1, 4]. Содержащие в растворе антоцианов аскорбиновой кислоты (C6H8O6) способствует образованию стабильных комплексов антоциановый пигмент белок. Богатым источником витамина С является ягоды чёрной смородины в 100 грамм ягодах содержится зависимости от сорта 95-166 мг/100 грамм.

Смородина чёрная (Ribes nigrum) – широко распространённая культура на территории Хорезмской области республики Узбекистан, семейство Крыжовниковые (Crossulariaceae), ягода содержат комплекс ценных биологически активных веществ (БАВ).

Список литературы

1. Атаджанова А.У Технология переработки сельскохозяйственной продукции. Учебное пособие 2025.

2. Макаркина М.А., Янчук.Т.В. Характеристика сортов смородины по содержанию сахаров и органических кислот. // 165лет ГНУ ВНИИСПК Россельхозакадемии. Современное садоводство. 2010. № 2. С. 9-12.

3. Мясищева.Н.В. Изучение биологически активных веществ ягод чёрной смородины в процессе хранения. 2013. № 3

4. Стрелцина С.А. Питательные и биологически активные вещества ягод смородины чёрной (Ribes nigrum L) Россия. 2010. № 1. С. 1-16

5. Dale.A.Potential for Ribes Gultivarion in North America. // Hort Technjlogy. 2000. Vol. 10. N3. Pp.548-554

Юнусов Р.Б.
студент
Научные руководители: ***Курбанова М.Д.***
PhD, доцент,
Ташкентский государственный аграрный университет,
Узбекистан, Ташкент
Курбанов Ж.М.
д.т.н., профессор,
Самаркандский институт экономики и сервиса,
Узбекистан, Самарканд

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПЛАЗМОЛИЗА В ПОЛУЧЕНИИ ФРУКТОВЫХ СОКОВ

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по улучшению методов извлечения дополнительного сока из мякоти фруктов и овощей с использованием электрофизических методов. Приведены результаты научных исследований по извлечению дополнительного сока из мякоти яблок, груш и слив, а также моркови и свеклы из овощей с помощью комбинированного электродного электроплазмолизера, а также по извлечению в среднем 12-14 % сока из измельченной и предварительно отжатой мякоти различных фруктов в дополнение к ранее полученному соку.

Ключевые слова: плазмолиз; фрукты; электропроводность; электродная камера; флавоноиды; овощи.

Сегодня производство фруктов и овощей стремительно растет во всем мире. Китай, Индия и Соединенные Штаты занимают лидирующие позиции в этом направлении. За последние 10 лет экспорт фруктов и овощей увеличился в 10 раз, а в стоимостном выражении – в 12 раз» [1]. По этой причине проводятся научные исследования по увеличению количества сока, получаемого из переработанной мякоти или сока всех фруктов и овощей, а также по переработке полуфабрикатов и готовых пищевых продуктов из них с использованием современных электрофизических методов. В настоящее время использование электрофизических методов в производстве пищевых продуктов растет с каждым днем. Среди электрофизических методов можно упомянуть высокочастотное (ВЧ) электрическое поле (ЭМ), инфракрасную (ИК) энергию, электродиализ, электрофлотацию, плазмолиз, электрострикцию и другие [2,3].

В мире проводятся научные исследования в таких важных областях, как производство фруктов и овощей, богатых натуральными витаминами, микро- и макроэлементами, для ежедневного рациона человека, включая продукты их переработки, с использованием современных технологий, при этом максимально сохраняя природные компоненты, а также улучшая потребительские качества продукции, повышая ее пищевую безопасность и биологическую ценность, разрабатывая и внедряя технологии получения высококачественных фруктов. и овощных соков и концентратов, получая высококачественную продукцию за счет рационального и комплексного использования местного сырья, обеспечивая конкурентоспособность производимой продукции и снижая себестоимость и стоимость продукции.

При выполнении этих задач весьма актуальным считается использование комбинированного электродного устройства для УВЧ-электроплазмолиза при переработке фруктов и овощей с целью увеличения количества получаемого из них дополнительного сока.

Методология исследования и используемое оборудование.

Технологическая схема экспериментального устройства для комбинированного электродного электромагнитного поля (ЭМП) сверхвысокой частоты (УВЧ) электроплазмолиза и схема подключения пары электродов к электрическому току (220 В, 50 Гц) представлены на рис. 1.2.

Результаты исследования показали, что при диаметре прессовального барабана 30 см пружины мякоти имеют большую поверхность электродного импульса, поэтому выход сока

несколько выше, но прочность конструкции устройства, надежная работа и время работы относительно короткие. Исходя из этого, мы разработали двухэлектродную плазмолитическую машину с диаметром 12 см в два ряда. При расстоянии 4-5 мм между первой парой барабанов и 2-3 мм между второй парой, мы заметили, что выход сока из фруктовой и овощной мякоти увеличился в среднем на дополнительные 2-3 %, качество сока улучшилось, частицы мякоти не прилипают к поверхности валков при прохождении между ними (при прессовании), машина стала более надежной, более прочной, а срок службы используемых диэлектрических материалов увеличился.

Комбинированный двухэлектродный электроплазмолизер с эксперимен-тальным устройством СВЧ: двухэлектродный электроплазмолизер (с цепью подключения переменного тока. (рис. 1.) В сочетании с электроплазмолизером СВЧ он образует общий исследовательский стенд.

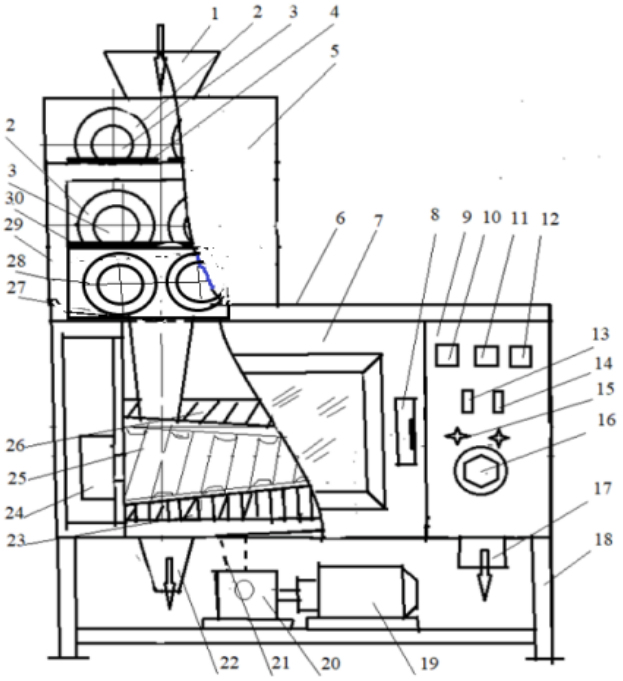


Рис. 1. Схема конструкции комбинированного электродного электроплазмо-лизера СВЧ: 1. Бункер; 2. 28-электродные ролики; 3.Сферические подшипники; 4. 30-электроизолятор; 5. 18, 29-корпус плазмолизера; 6. СВЧ-печь; дверца 7. Дверцо печи; 8. Держатель; 9. Панель управления; 10. Вольтметр; 11. Амперметр; 12. Ваттметр; 13, 14. Кнопки запуска; 15,16. Сигнальные лампы; 17. Выход для мякоти; 19.24. Электродвигатель; 20. Редуктор; 21.Цепная передача; 22, 23. Соковыжи-малка, комбайн; 25, 26. Шнековый пресс. 27. Тип

Двухэлектродный электроплазмолизер, являющийся первой частью исследовательского устройства, был впервые разработан Б.Л. Флауменбаумом [4], нқне нами [5]. В первом устройстве импульс электрического тока подается на одну пару из двух электродов, затем на 2 пары, а теперь до 3 пар.

Вторая часть устройства, высокочастотная печь резонаторного типа (ВЧП), построена на основе высокочастотной (ВЧ) печи. Магнетрон и волновой передатчик расположены в верхней части печи, а для передачи исходящей от него волны вдоль камеры в плоскости используется вращающийся диссектор. Внутри печи в верхней части входного отверстия размещен диэлектрический слой. Используется шнековый соковыжиматель из фторпластика. Соковыжиматель состоит из усеченного конусообразного шнека с усеченным конусом внутри. Электродвигатель установлен снаружи печи для вращения шнека (скорость вращения выходного вала составляет 50-60 об/мин). Все части соковыжимателя внутри печи изготовлены из неметаллических материалов. На конце соковыжимателя сок отделяется от сетки в нижней части шнека, а отжатый сок отделяется от его верхней части. Электроплазмализатор по схеме показан на Устройство устанавливается над печью. Для обеспечения электробезопасности его рама и крышка должны быть изготовлены из диэлектрического материала. Та-

ким образом, мы получаем комбинированную двухэлектродную и сверхвысокочастотную соковыжималку (рис. 2).

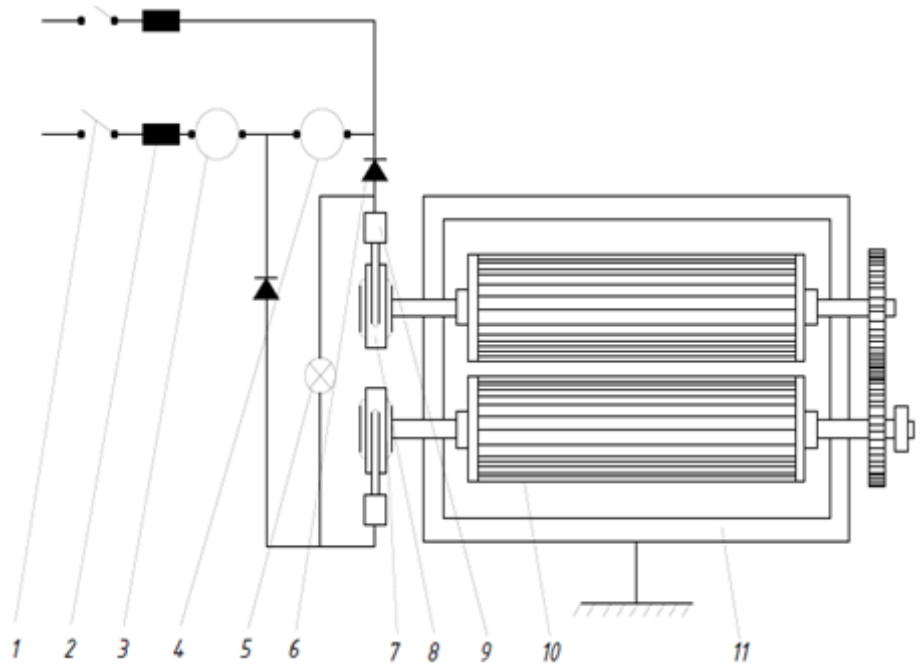


Рис. 2. Двухэлектродный электро-плазмолизер, подключение к сети переменного тока: 1. Однополюсный выключатель; 2. Предохранитель (40 А); 3. Амперметр; 4. Вольтметр; 5. Контрольная лампа; 6. Блокирующий контакт; 7. Пластиковая втулка; 8. Коллекторная петля; 9. Прокладка для листового металла; 10. Вал-электрод; 11. Клемма заземления

Устройство используется следующим образом. Перед загрузкой сырья в устройство проверяется его электрическая безопасность, и оно подключается к общей электросети (220 В, 50 Гц). О подаче электрического тока в электроплазмолизную печь можно судить по загоранию сигнальных ламп. Также включается соковыжималка внутри печи сверхвысокой частоты, и, наконец, запускается сама печь сверхвысокой частоты, при этом необходимо убедиться в отсутствии электрической опасности, неприятного шума или других опасностей. После этого открывается дверца электроплазмолизной печи, и сырье последовательно загружается в нее. Ячейка с сырьем, проходящая между роликами электродов электроплазмолиза, частично повреждается, и начинается процесс электроплазмолиза. Измельчённые и отжатые ягоды, проходящие через печь, проходят через перфорированную металлическую сетку с ячейками 8 мм в верхней части и попадают в соковыжималку внутри печи. Одновременно, при температуре 60-700 °С, они измельчаются и отжимаются между усечённым коническим диском и корпусом соковыжималки, после чего извлекается отдельный сок. После получения определённого количества сока устройство отключается от электросети, а затем очищается и промывается. Разумеется, под ногами оператора в устройстве должен быть резиновый коврик. Также все металлические части устройства должны быть соединены с заземлением.

Результаты экспериментов, проведенных на фруктах: яблоках, грушах, сливах и овощах, таких как морковь, в комбинированном двухэлектродном электроплазмолизере CELL, представлены в таблице 1. Для определения количества сока, извлеченного из фруктов и овощей после обработки электродами и УВЧ-электродами, сначала определяли выход сока только при прохождении его между двумя электродами, то есть без электрического тока (необработанный, без электрической обработки). Затем измеряли количество сока под воздействием электрического тока (220 В, 50 Гц, переменный ток) в течение 3,5 секунд во время двухэлектродной экстракции сока. После этого определяли количество сока, извлеченного под воздействием как двухэлектродного тока, так и УВЧ-электродов (мощность, подаваемая на резонатор 0,4 кВт) в течение 20,30 секунд, и рассчитывали общее количество сока, которое можно получить с помощью предложенного метода.

Таблица 1

Выжимание сока из фруктов и овощей в двухэлектродном СВЧ-ном электроплазмолизере

Сырьё	Электродная обработка		Выход сока, %	Продол-житель-ность СВЧ обработки	Выход сока, %	Всего выход сока, %
	Продолжитель-ность обработки	Пара, одно				
Яблоки	Не обработан		62.4	0	0	62,4
			68.7	0	0	68,7
	3,0		73.8	260	2,2	76,0
	5,0		75.0	300	3,6	78,6
Абрикосы	Не обработан		70.1	0	0	70,1
			78.6	0	0	78,6
	3,0		79,2	260	2,3	81,5
	5,0		80,3	300	2,9	83,2
Сливы	Не обработан		47.0	0	0	47,0
			59.6	0	0	59,6
	3,0		64.0	260	3,2	67,2
	5,0		66,1	300	3,8	69,9
Морковь	Не обработан		53.7	0	0	53,7
			57.3	0	0	57,3
	3,0		65.4	260	2,7	68,1
	5,0		68,1	300	3,2	71,3
Свекла	Не обработан		43,1	0	0	43,1
			47,4	0	0	47,4
	3,0		55,4	260	2.7	58,1
	5,0		57,2	300	2,9	60,1

Анализ результатов отжима сока из фруктов (яблок, груш и слив) и овощей, моркови и овощей в комбинированном двухэлектродном электроплазмолизере показал, что во всех случаях было получено больше сока, чем без обработки. Увеличение количества сока зависит от типа, сорта, состояния фруктов и овощей, а также от времени прохождения через два электрода и продолжительности лучистого нагрева электроплазмолайзера. Например, при отжиме сока из яблок, когда измельченная яблочная мякоть прессовалась между электродами в течение 3,5 секунд, количество отжатого сока увеличилось на 8,2–9,4 % по сравнению с необработанным образцом. Также при нагреве в течение 20,30 секунд и шнековом прессовании в электроплазмолизере было получено дополнительно 2,2–3,6 % сока. В общей сложности средний выход сока из яблок составляет 11,7 %, из груш – 7,85 %, из слив – 16,75 %; из моркови – 14,6 %, а из свеклы – 13,8 %, что выше, чем у необработанных плодов.

Омолаживающее действие электрического тока на живые ткани известно из биологии. Воздействие электрического тока на растительные ткани приводит к движению ионов. Их свободное движение в ткани (клетке) подавляется полупроводниковой протоплазмой. В результате ионы с высокой концентрацией щавелевых веществ накапливаются в протоплазме и коагулируют, вызывая тургорное явление в клетке вследствие плазмолиза, в результате чего повреждаются ее стенки, и сок из клетки легко вытекает. Кроме того, под воздействием УЮЧ ЭММ температура повышается до 70-80 °С, ускоряя процесс плазмолиза и дополнительно увеличивая выход сока. В обоих случаях в результате быстрого повреждения протоплазматической мембраны увеличивается проницаемость клеток, и в результате давления значительно возрастает выход сока.

Повторная обработка фруктов и овощей в электроплазмолитической машине не оказывает существенного влияния на качество получаемого из них сока. Средний химический состав идентифицированных фруктов и овощей (табл. 2) подтверждается сравнительным анализом с данными, приведенными в природном химическом составе [6-8].

Таблица 2

Средний химический состав фруктов и овощей

Мев.сабз. номи	Шакар	Оксилар	Целюлоза	Кислоталар	К	Са	Р	B_1	B_2	С
Олма	14,3	0,3	1,0	0,46	278	16	11	0,03	0,02	19
Урик	17,8	0,9	0,5	0,7	363	20	34	0,04	0,06	9
Олхури	11,4	0,3	0,7	0,6	213	19	19	0,6	0,4	9
Сабзи(кизи)	3,5	1,4	1,1	0,2	200	51	55	0,06	0,07	5
Лавлаги	6,2	1,6	0,9	0,43	288	36	41	0,02	0,04	9

Из фруктов (яблоки, сливы и крыжовник) и овощей (морковь, свекла) при экстракции сока в комбинированном двухэлектродном электроплазмолизере с СВЧ во всех случаях получается больше (дополнительного) сока, чем без обработки. Увеличение количества сока зависит от типа, сорта, состояния фруктов и овощей, а также от времени прохождения через два электрода и продолжительности лучистого нагрева в СВЧ ЭМП: при экстракции сока из яблок, когда измельченная яблочная мякоть прессуется между электродами в течение 3,5 с, количество извлеченного сока увеличивается на 8,2–9,4 % по сравнению с необработанным соком. Также при нагреве в течение 20,30 с в СВЧ ЭМП и с помощью шнекового пресса извлекается дополнительно 2,2–3,6 % сока. В целом, средний выход сока из яблок составляет 11,7 %, из груш – 7,85 %, из слив -16,75 %, из моркови -14,6 %, а из свеклы – 13,8 %, что выше, чем у необработанных продуктов.

Список литературы

1. Бордиян В.В. Интенсификация сушки растительного сырья электроплазмолисом. // Аннотация кан. дисс. Институт прикадной физики Молдовы. – 1991. – 37 с.
2. Курбанов Ж.М., Ходжаева У.Р. Электрофизические методы воздействия на продукты питания сервисных предприятий. Монография, «Экономика-финансы», Ташкент, 2012, 159 с.
3. Курбанова М.Ж. Сушка фруктов и овощей с использованием первичной импульсной энергии / Автореферат дис. д-ра философии. -Т. ТХТИ. 2018. – 41 с.
4. Максумова Д.К., Додаев К.О., Эшматов Ф.Х., Чориев А.Ж. Математическое моделирование и исследование процесса переработки плодов и овощей на соки и пюре // Журнал Химическая технология. Контроль и управление. Ташкент. № 3. 2014. -С.23-28.
5. Флауменбаум Б,Л. Электрическая обработка плодов и овощей перед извлечением сока. – «Труды ОТИКПа», 1949, вып. 111. С. 15-20.
6. Эшматов Ф.Х., Додаев К.О., Максумова Д.К.Химический состав компонентов мутности и осадка гранатового сока // Изд. «Пищевая промыш-ленность». Жур. Хранение и переработка сельхозсырья, № 4, 2013. С.36-37.
7. Юсупов Ш.Ю. Увеличение производства сока из фруктов и овощей электрофизическими методами / Автореферат дисс. -Т. ИМТ. 2023. -36 с.
8. http://www.ozon.ru/context/detail/id/51500201 (дата обращения 20.03.2026 г.)

Казандаев В.В.
студент,
kazandaev.vasya@gmail.com
Научный руководитель: ***Благин Е.В.***
к.т.н., доцент,
Самарский университет,
Россия, Самара

РАЗРЯДКА КРИОГЕННОГО АККУМУЛЯТОРА ЭНЕРГИИ

Аннотация. Работа посвящена оптимизации режима разрядки криогенного аккумулятора энергии для сглаживания пиковых нагрузок промышленного предприятия. Показано, что наилучшее снижение платы за установленную мощность при двухставочном тарифе достигается при выравнивании локальных максимумов на границах интервала работы накопителя. Предложенная методика применена к реальному суточному графику потребления: оптимальным признан двухэтапный режим разрядки общей продолжительностью восемь часов, обеспечивший уменьшение среднего отклонения мощности на 19,4 % и коэффициента вариации на 18,4 %.

Ключевые слова: криогенный аккумулятор; разрядка; пиковая нагрузка; установленная мощность; двухставочный тариф; оптимизация; график потребления.

Введение

Актуальность применения систем накопления энергии для компенсации суточных неравномерностей потребления электроэнергии обусловлена фундаментальным несовпадением графиков генерации и нагрузки в энергосистеме. Пиковые периоды потребления, приходящиеся на утренние и вечерние часы, создают экстремальную нагрузку на генерирующее и сетевое оборудование, требуя содержания дорогостоящих и зачастую низкоэффективных пиковых электростанций (например, газотурбинных). В то же время в ночные часы спрос на электроэнергию значительно падает, что приводит к недогрузке базовых мощностей, в частности, атомных и угольных электростанций, которые технологически не предназначены для быстрого изменения режимов работы. Накопители энергии позволяют решить эту проблему, аккумулируя излишки дешевой электроэнергии в периоды низкого спроса (ночью) и возвращая ее в сеть в часы пиковых нагрузок.

Среди технологий (аккумуляторы, ГАЭС, маховики) криогенные аккумуляторы выделяются потенциалом для большой мощности и длительного хранения. Их преимущества: высокая плотность, долгий срок службы, отсутствие зависимости от дефицитных полезных ископаемых, а также возможность утилизации промышленного тепла для роста КПД.

Важное значение для экономической эффективности таких систем имеет оптимизация режима разрядки: выбор между кратковременной выдачей высокой мощности в острый пик и длительной работой с меньшей мощностью при плавном графике нагрузки напрямую влияет на величину платы за установленную мощность, являющуюся немалой частью двухставочног тарифа:

$$Z_{сум} = N_{уст} \cdot c_{уст} + Э_{ээ} \cdot c_{кВт \cdot ч},$$

где $Z_{сум}$ – плата за электроэнергию; $N_{уст}$ – установленная мощность; $c_{уст}$ – тариф за установленную мощность; $Э_{ээ}$ – потребляемая электроэнергия; $c_{кВт \cdot ч}$ – тариф за потребляемую электроэнергию.

Разрядка криогенного аккумулятора

Для примера аккумулятора используется схема, предложенная в [3] (рисунок 1).

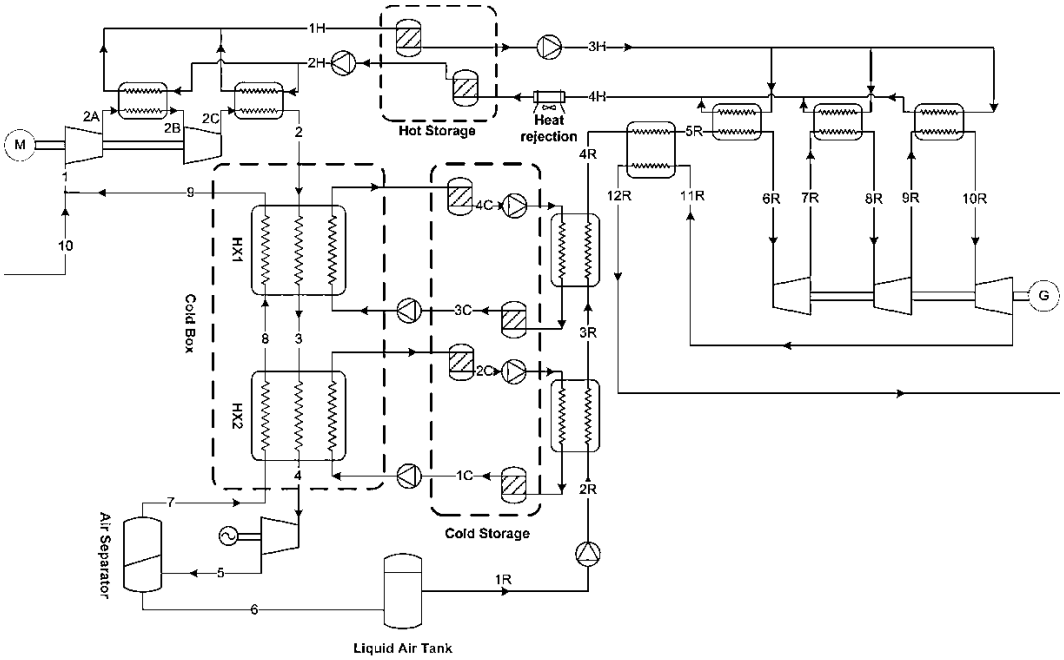


Рис. 1. Схема рассмотренного аккумулятора энергии [3]

Когда установка работает в режиме разрядки, жидкий воздух перекачивается из своего резервуара и нагревается до температуры, близкой к окружающей, с помощью холодных жидкостей: таким образом можно аккумулировать холодную энергию сжиженного воздуха в секции холодного аккумулирования и повторно использовать ее позже для сжижения воздуха с более высокой эффективностью.

Насосом воздух подается сначала в регенератор, затем в пароперегреватель, где он нагревается термальным маслом, аккумулированным в секции горячего аккумулирования, и, наконец, через турбину. Расширение разделено на три ступени с промежуточным перегревом, также осуществляемым с помощью термального масла. Промежуточные степени расширения выбираются так, чтобы максимизировать работу турбины, достигая тем самым максимальной эффективности регенерации для заданного общего коэффициента расширения. Термальное масло возвращается в секцию горячего аккумулирования, где оно собирается в резервуаре при температуре окружающей среды после охлаждения в теплообменнике. Действительно, это, по сути, единственный компонент установки, где тепло сбрасывается в окружающую среду, поскольку воздух выходит из регенератора при температурах, очень близких к температуре окружающей среды.

Оптимизация процесса разрядки

Включение работы криогенного аккумулятора в схему электросетей предприятия приводит к уменьшению потребления электроэнергии и установленной мощности. При этом величина сэкономленной электроэнергии напрямую зависит от запасенной аккумулятором энергии.

Так как эффективность преобразования низкопотенциальной энергии в криогенном аккумуляторе в электроэнергию практически не зависит от расхода, то и величина сэкономленной электроэнергии практически не зависит от расхода и, следовательно, времени работы аккумулятора на режиме разрядки.

Экономия на величине установленной мощности за счет использования энергии, запасенной в аккумуляторе, будет зависеть от мощности контура разрядки криогенного аккумулятора, но не пропорционально. Рассмотрим случай, когда потребление электроэнергии в период её дефицита относительно оптимального графика носит синусоидальный характер (рис. 2).

Анализ графика показывает, что на нем могут быть два потенциально максимальных значения мощности. Если мощность аккумулятора небольшая, а режим работы долгосрочный, то максимум потребляемой мощности также будет располагаться в центре графика, как и в случае без работы аккумулятора. Если мощность аккумулятора большая, а режим работы долгосрочный, то на графике нагрузки появляется «яма» в центре, а наибольшее значение потребляемой мощности будет располагаться на границе «ямы».

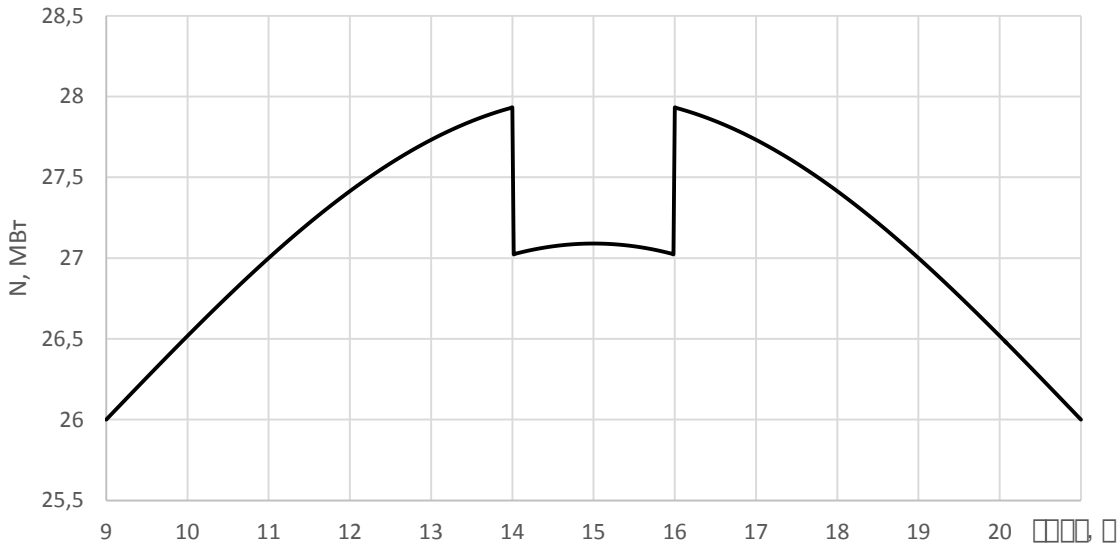


*Рис. 2. Пример синусоидального графика потребления электроэнергии при времени работы аккумулятора, равном 2 часа, и энергоемкости аккумулятора 1,82 МВт*ч*

Уместно будет предположить, что минимальное значение максимальной потребляемой мощности предприятием от энергосетей будет в момент, когда два этих локальных максимума будут равны. Для подтверждения этой гипотезы можно определить величину сэкономленной установленной мощности для различных значений времени работы контура разрядки аккумулятора:

$$\Delta N_{уст} = A + B - N_{\max},$$

где $\Delta N_{уст}$ – разница между максимальной потребляемой мощностью без и с учетом процесса разрядки; А – амплитуда изменения мощности в течение суток; В – средняя потребляемая мощность; $N_{\max}$ – максимальная потребляемая мощность без учета процесса разрядки.

График величины сэкономленной установленной мощности от времени работы контура разрядки аккумулятора представлен на рис. 3.

Рис. 3. График величины сэкономленной установленной мощности от времени работы контура разрядки аккумулятора

Из анализа графика видно, что для заданных исходных данных максимальная экономия установленной мощности составит порядка 0,36 МВт, а оптимальное время работы контура разрядки аккумулятора составит 5 часов. График почасовой нагрузки при 5-часовой работе контура разрядки представлен на рис. 4.

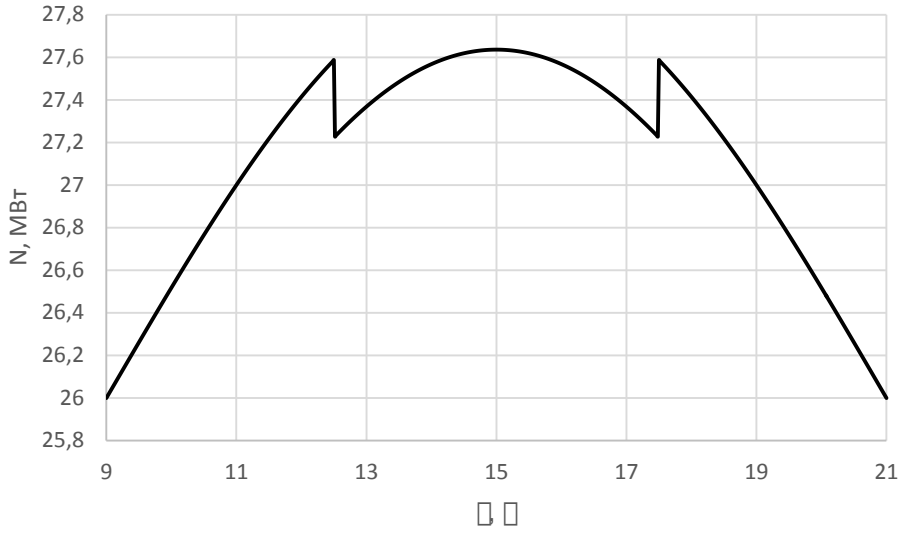


Рис. 4. График почасовой нагрузки при 5-часовой работе контура разрядки

Как видно из анализа графика, значения локальных максимумов практически одинаковы (небольшое различие можно объяснить тем, что график строился с шагом в 0,5 ч, и настоящее оптимальное значение находится где-то в окрестностях значения 5 ч), что подтверждает гипотезу о том, что максимальное значение сэкономленной установленной мощности надо искать исходя из условия равенства двух локальных максимумов.

Оптимизация реального процесса разрядки

Для отработки способа эффективного аккумулирования энергии для компенсации пиковых нагрузок потребления электроэнергии, а также компенсации неравномерности выработки электроэнергии необходимо составить математическую модель аккумулятора энергии, использовать для работы реальным график потребления электроэнергии и оценить показатели эффективности для выравнивания.

Для этого необходимо определить какими именно критериями можно определить неравномерность выработки. Как правило, для этого используются среднее отклонение мощности, коэффициент вариации, суточный коэффициент неравномерности выработки.

Среднее отклонение мощности σ [МВт] представляет собой среднюю величину отклонения выработки от её среднего значения за период (в случае криогенного аккумулирования в качестве периода как правило используются сутки).

Коэффициент вариации [1] CV показывает относительную степень изменчивости и определяется следующим образом:

$$CV = \frac{\sigma}{N_{cp}},$$

где N_{cp} – среднее значение потребляемой мощности за период.

Суточный коэффициент неравномерности выработки g [2] представляет собой отношение минимальной мощности к максимальной:

$$g = \frac{N_{\min}}{N_{\max}},$$

где $N_{\min}$ – минимальное значение потребляемой мощности за период; $N_{\max}$ – максимальное значение потребляемой мощности за период.

На рис. 5 представлен пример графика суточного потребления электроэнергии и влияние на него процесса разрядки криогенного аккумулятора. На графике явно видно два пика потребления, первый в районе 8:00, второй – в районе 19:00. Это означает, что вероятно оптимально будет включать и выключать аккумулятор дважды в районе каждого из пиков. Анализ показал, что минимальное значение мощности достигается при времени работы аккумулятора, равном 8 часам, 5 часов в утренний пик и 3 часа в вечерний.

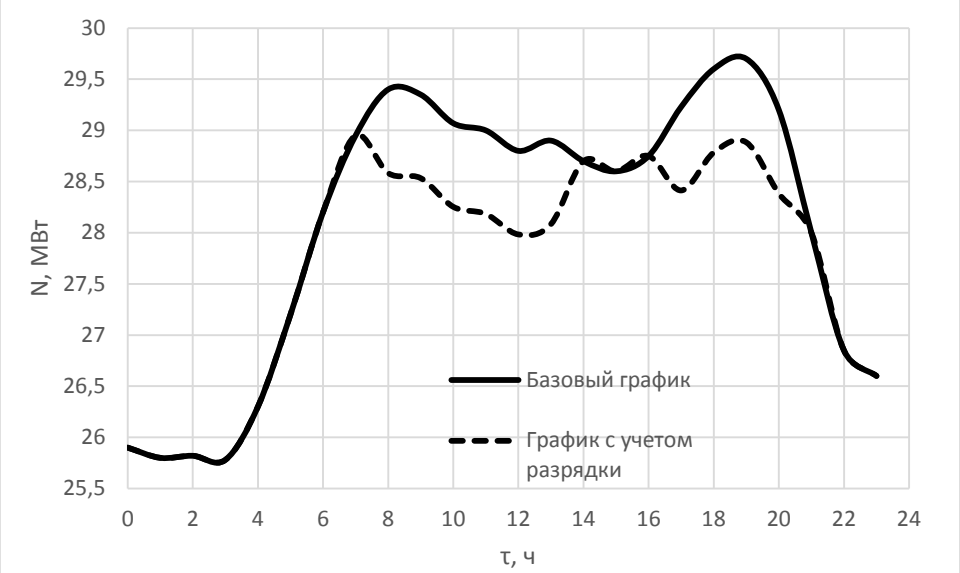


Рис. 5. Сравнение графиков нагрузки с и без учета процесса разрядки

Определим показатели графиков и сравним их. Результаты представлены в таблице.

Таблица

Сравнение графиков нагрузки

Параметр	Значение исходного графика	Значение графика с учетом процесса разрядки	Изменение, %
σ, МВт	1,199	0,966	-19,41
CV, %	4,27	3,48	-18,43
g, %	86,80	89,05	2,59

Можно отметить значительное благоприятное воздействие на работу энергосетей от включения криогенного аккумулятора энергии.

Заключение

Предложенная в работе методика позволяет определить оптимальную продолжительность разрядки криогенного аккумулятора исходя из условия минимизации максимальной мощности, потребляемой из энергосети. Как показал анализ, данное условие достигается при выравнивании локальных пиков нагрузки на границах интервала работы аккумулятора.

Применение методики к реальному суточному графику потребления позволило установить, что оптимальным является двухэтапный режим разрядки общей продолжительностью восемь часов с распределением между утренним и вечерним пиками. Полученный результирующий график нагрузки характеризуется следующими показателями:

- среднее отклонение мощности снизилось на 19,41 %;
- коэффициент вариации уменьшился на 18,43 %;
- суточный коэффициент неравномерности вырос с 86,8 до 89,05 %.

Список литературы

1. Кабиняков М.Ю., Тебуева Ф.Б. Статистический анализ персистентных временных рядов (на примере потребления электроэнергии) // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2011. № 6. С. 213-217.

2. Поликарпова Т.И. Характеристика и структура производственных процессов на энергопредприятиях. Красноярск.: Изд-во СФУ, 2021. 24 с.

3. Thermodynamic analysis of a liquid air energy storage system / G. Guizzi [и др.] // Energy. 2015. №. 93. С. 1639–1647.

Павлихин И.С.
студент,
pavlikhin.is@ssau.ru
*Научный руководитель**: Благин Е.В.***
к.т.н., доцент,
Самарский университет,
Россия, Самара

ЗАРЯДКА КРИОГЕННОГО АККУМУЛЯТОРА ЭНЕРГИИ

Аннотация. Статья посвящена сглаживанию пиковых нагрузок с помощью криогенных аккумуляторов энергии. Разработана методика расчёта запасённой энергии криогенным аккумулятором с учётом ограничений зарядки. Определён порог включения сжижения воздуха ≈100 кВт. Моделирование подтвердило линейный характер зависимости производительности от мощности. За ночной цикл накапливается 66 тонн жидкого воздуха при удельных энергозатратах ≈650 кДж/кг, что доказывает эффективность выравнивания суточных графиков нагрузки.

Ключевые слова: криогенный аккумулятор энергии; зарядка; центробежный компрессор; пороговая мощность; жидкий воздух; неравномерность графика нагрузки; удельные энергозатраты.

Введение

Сглаживание графиков нагрузки и потребления электроэнергии является одной из ключевых задач современной энергетики. Оно позволяет снизить пиковые нагрузки на генерирующее оборудование, что увеличивает его срок службы и уменьшает износ. Минимизация риска аварийных отключений повышает общую надежность энергосистемы, предотвращая перегрузки в часы максимального потребления.

Выравнивание графика нагрузки дает возможность более эффективно использовать базовые (наиболее экономичные) мощности электростанций, снижая потребность в дорогостоящей пиковой генерации. Это, в свою очередь, приводит к значительной экономии топлива и снижению себестоимости производимой электроэнергии для всех участников рынка. Кроме того, сглаживание позволяет оптимизировать режимы работы сетевого комплекса, уменьшая потери электроэнергии при передаче и распределении, а также создает условия для более успешной интеграции в энергосистему нестабильных возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнце и ветер.

Одним из перспективных способов решения проблемы неравномерности электропотребления является применение криогенных аккумуляторов энергии (LAES – Liquid Air Energy Storage). Такие системы позволяют запасать избыточную электроэнергию в ночные часы или в периоды генерации ВИЭ путем сжижения воздуха, а затем отдавать ее в часы пиковых нагрузок. Однако эффективность работы криогенного аккумулятора существенно зависит от режимов его зарядки, которые, в свою очередь, определяются как характеристиками компрессорного оборудования, так и реальным профилем нагрузки. В связи с этим возникает

необходимость разработки методики расчета количества запасенной энергии, учитывающей как неравномерность графиков, так и технологические ограничения контура сжижения.

Математическое моделирование работы криогенного аккумулятора на цикле зарядки

Для примера аккумулятора была использована схема, предложенная в статье [1] (рис. 1).

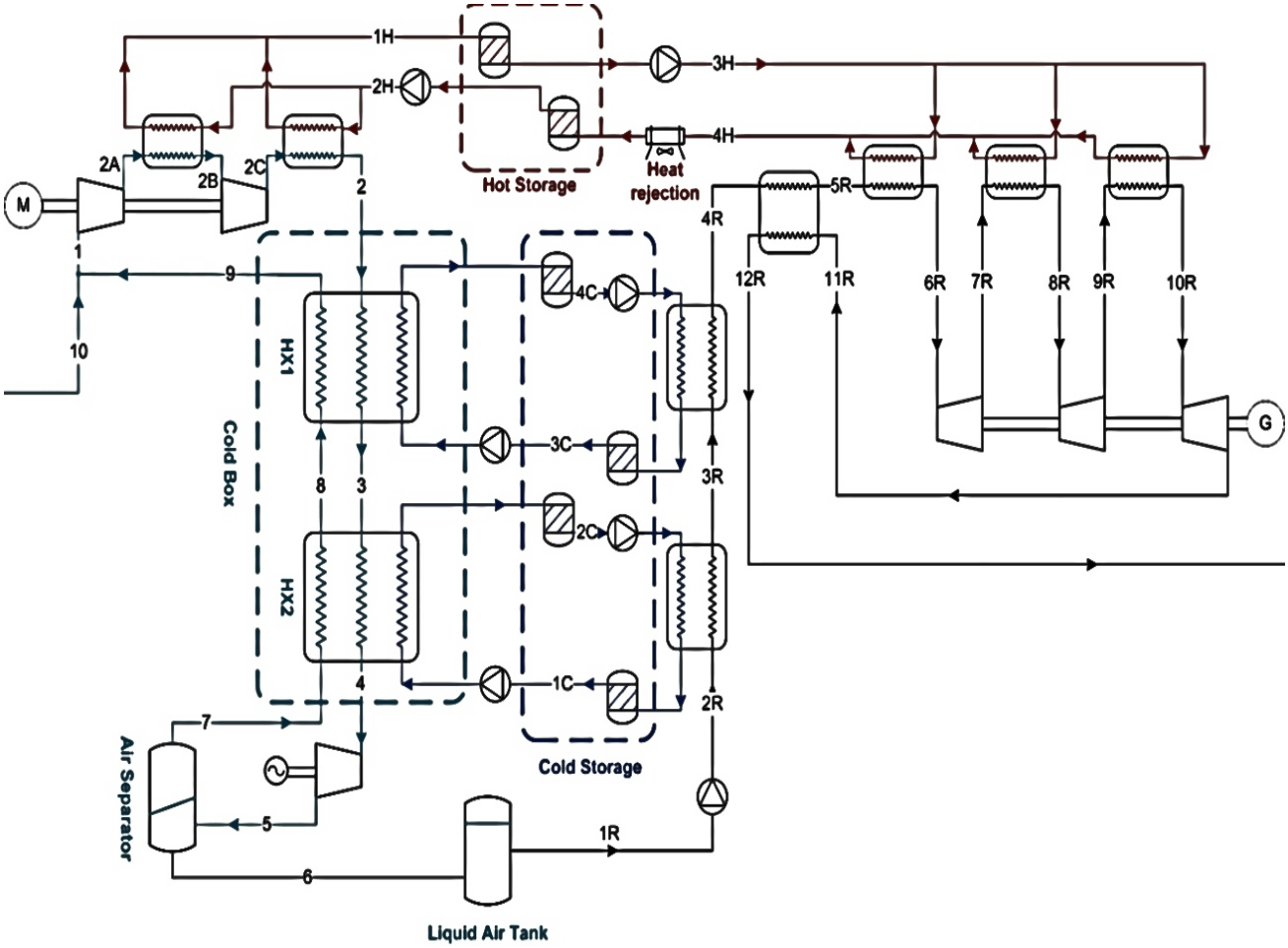


Рис. 1. Схема рассмотренного аккумулятора энергии

Работоспособность контура зарядки криогенного аккумулятора энергии можно оценить по наличию выхода жидкой фракции из сепаратора. Как правило, циклы ожижения газов требуют достаточно высокого давления газа (более 50 атмосфер).

Из анализа характеристики центробежного компрессора известно, что максимальная эффективность компрессора соответствует проектному режиму работы. Линии режимов с постоянным значением эффективности компрессора представляют собой концентрические эллипсы, расходящиеся от проектного режима.

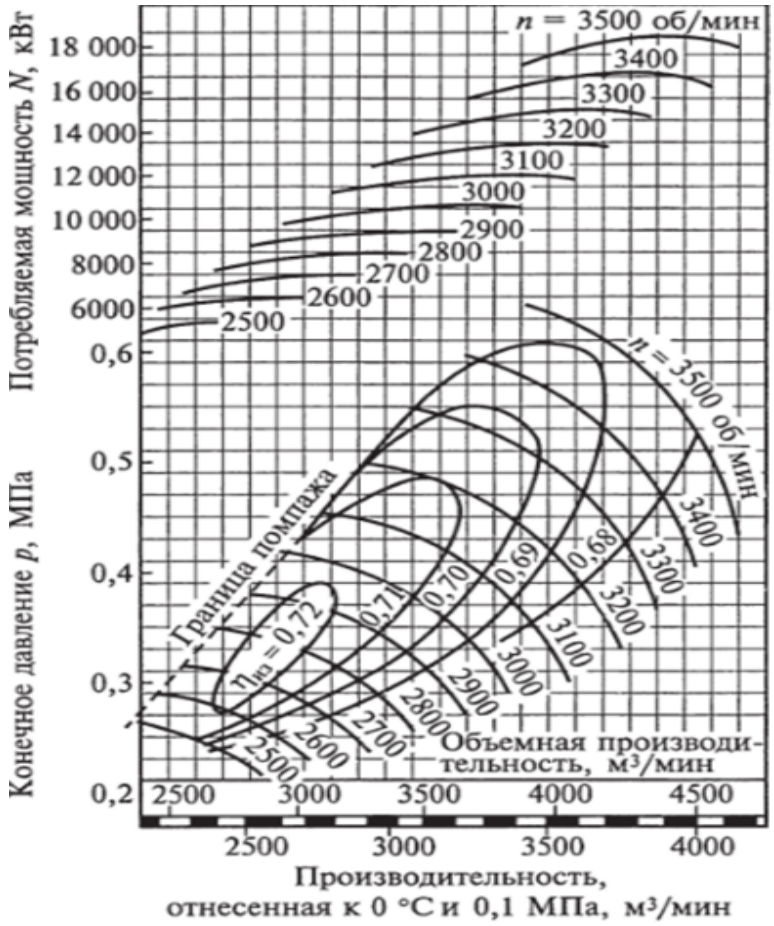


Рис. 2. Схема рассмотренного аккумулятора энергии

Ступень такого компрессора в идеальном случае работает без теплообмена с окружающей средой, поэтому процесс будет адиабатным (изоэнтропным). Потребляемая мощность в таком процессе будет определяться расходом рабочего тела, температурой на входе и степенью повышения давления:

$$N_к \cdot \eta_к = \frac{k}{k-1} G \cdot R \cdot T_{вх} \left(\pi_к^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right). \quad (1)$$

Анализ рабочих характеристик центробежного компрессора показывает, что наивысший КПД достигается в проектном (номинальном) режиме. Области, соответствующие одинаковым значениям эффективности, имеют вид концентрических эллипсов, расходящихся от точки проектного режима. Следовательно, если построить зависимость степени повышения давления от расхода рабочего тела, то она пройдёт через вершины указанных эллипсов и через саму проектную точку.

Конфигурация этой кривой определяется конкретной моделью и типом компрессора, однако можно с уверенностью утверждать, что такая зависимость существует и что наиболее рационально изменять режим работы компрессора именно вдоль неё:

$$F(G, \pi_к) = 0. \quad (2)$$

В свою очередь, величина КПД компрессора оказывается функцией положения рабочих параметров на данной кривой:

$$\eta_к = f(G, \pi_к). \quad (3)$$

Как уже отмечалось, мощность, потребляемая компрессором, также зависит от расхода и степени повышения давления. Реальная потребляемая мощность отличается от идеальной (адиабатной) и определяется через КПД компрессора:

$$\eta_к = \frac{N_{кид}}{N_{кр}}. \quad (4)$$

Таким образом, при изменении мощности на валу компрессора для нахождения его рабочих параметров необходимо решить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} F(G, \pi_{\text{к}}) = 0 \\ \eta_{\text{к}} = f(G, \pi_{\text{к}}) \\ N_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{к}} = \dfrac{k}{k-1} G \cdot R \cdot T_{\text{вх}} \left(\pi_{\text{к}}^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \end{cases}.$$

Чтобы криогенный накопитель энергии приступил к процессу зарядки, необходимо обеспечить положительный расход жидкой фазы на выходе из сепаратора. Следовательно, момент включения системы определяется следующим условием: величина избытка мощности должна быть достаточной для того, чтобы решение приведённой выше системы уравнений давало нулевой расход жидкости. Как только подводимая мощность превысит это пороговое значение, начинается рост производительности по жидкой фазе. После выхода на максимальный уровень потребляемой мощности производительность начинает снижаться, и при повторном достижении порогового значения зарядка прекращается – компрессор может быть отключён.

На рис. 3 показана полученная в ходе расчётов зависимость производительности установки по жидкой фракции от величины подводимой мощности.

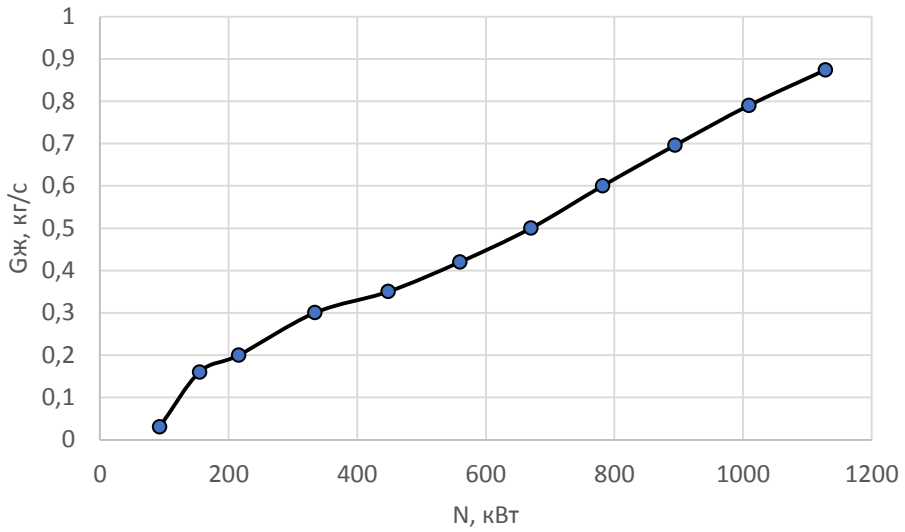


Рис. 3. Зависимость производительности установки от подводимой мощности

Чтобы оценить объём накапливаемой энергии, необходимо знать количество сжиженного воздуха. Для этого требуется установить закон изменения производительности контура сжижения при изменении потребляемой мощности. Поскольку существует нижний порог включения установки, участок резкого падения производительности в области малых мощностей можно исключить из рассмотрения. В результате искомая зависимость приобретает практически линейный характер (рис. 4).

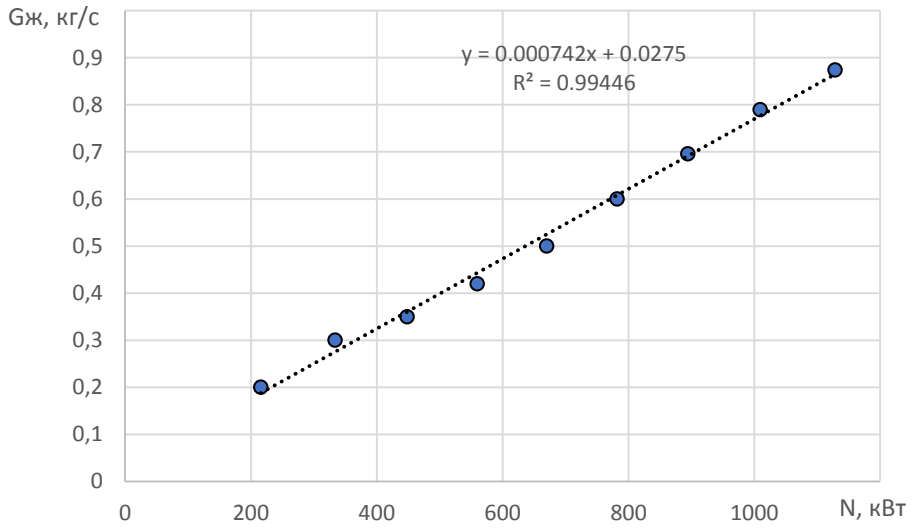


Рис. 4. Закон изменения производительности контура зарядки

Следовательно, чтобы получить часовую производительность по жидкой фракции, достаточно преобразовать значения избытка мощности в соответствующие значения расхода жидкости, используя закон, представленный на рис. 4. Полученные результаты приведены на рис. 5.

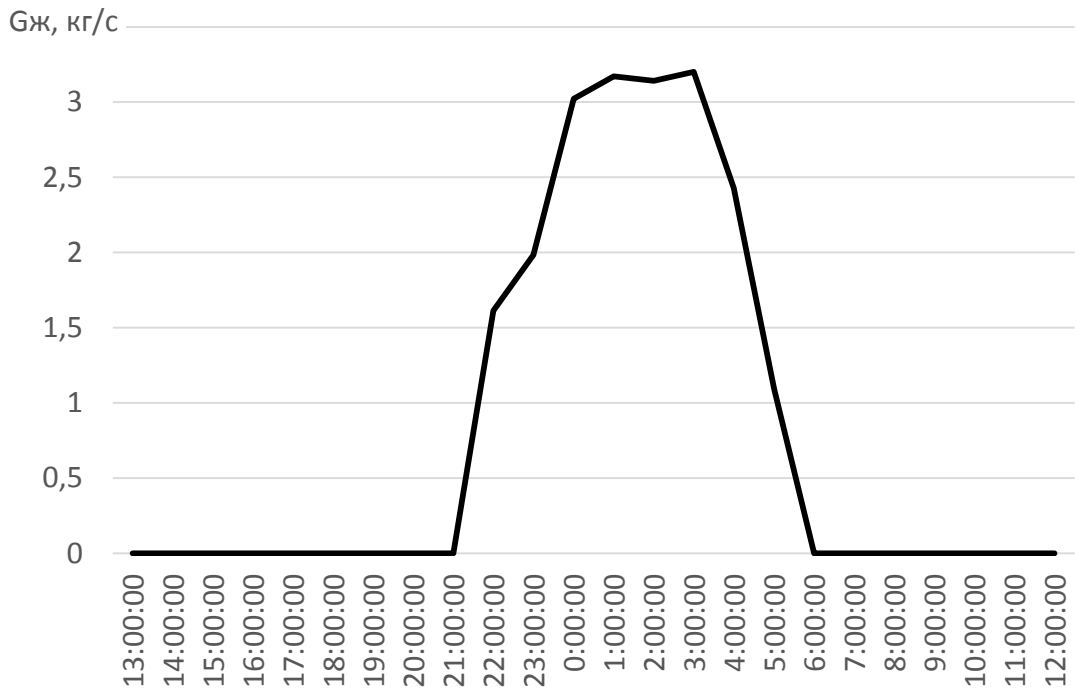


Рис. 5. Часовая производительность по жидкому воздуху

Суммарное накопленное количество жидкого воздуха определяется интегрированием графика, показанного на рис. 5. В результате такого интегрирования получаем, что за ночной цикл накапливается порядка 66 тонн сжиженного воздуха. Однако в начале и конце периода, когда избыток ниже порога, аккумулятор не работает – эти потери можно компенсировать другими типами накопителей (гравитационные, суперконденсаторы).

Для количественной оценки эффективности сглаживания графика нагрузки (рис. 6), были рассчитаны следующие показатели: изменение среднего отклонения мощности составило -53,33 %, изменение коэффициента вариации -54,21 %, суточный коэффициент неравномерности – 86,8 %, что соответствует разнице между минимальной и максимальной мощностью около 8 % (табл.).

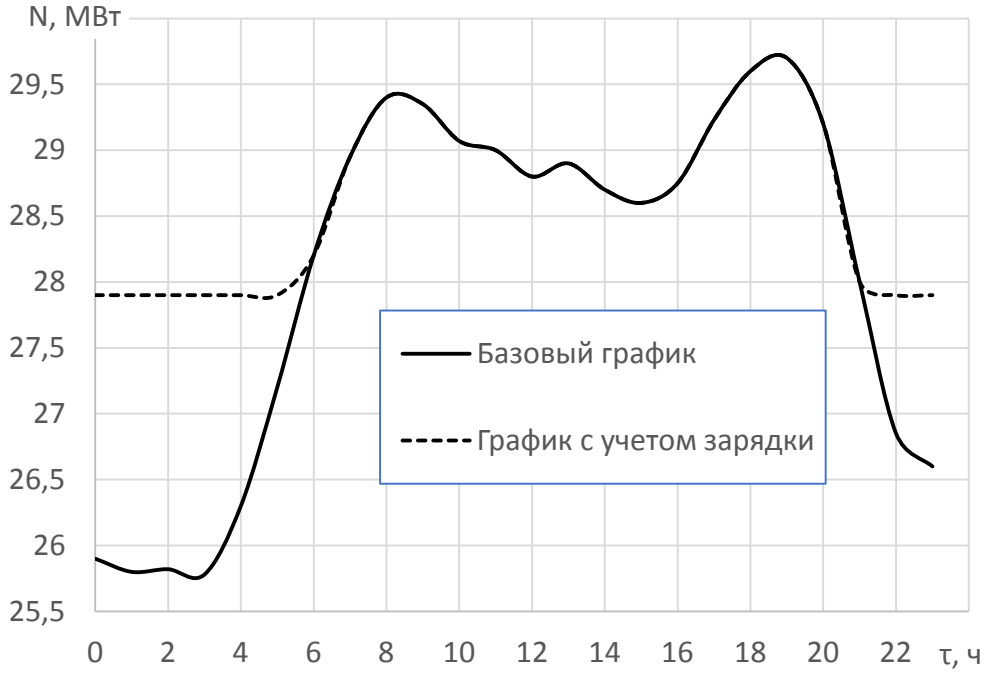


Рис. 6. Сравнение графиков нагрузки с и без учета зарядки аккумулятора

Таблица

Сравнение графиков нагрузки с и без учета зарядки аккумулятора

Параметр	Значение начального графика	Значение нового графика	Изменение, %
σ, МВт	1,199	0,56	-53,33
CV, %	4,2	1,95	-54,21
g, %	86,8	93,93	8,22

Исходный профиль достаточно сглажен (разница min/max ~8 %), но потенциал для компенсации имеется.

Заключение

В результате проведённых исследований разработана методика расчёта количества запасённой энергии криогенным аккумулятором, учитывающая реальные характеристики центробежного компрессора и пороговые условия образования жидкой фазы. Установлено, что минимальная мощность включения контура зарядки составляет ≈100 кВт. Моделирование нерасчётных режимов на примере схемы LAES позволило получить практически линейную зависимость производительности по жидкому воздуху от подводимой мощности. Применительно к суточному графику нагрузки за ночной цикл накапливается 66 тонн сжиженного воздуха при затратах 12,1 МВт·ч электроэнергии; удельные энергозатраты достигают ≈650 кДж/кг. Для компенсации кратковременных провалов мощности ниже порогового значения предложено комбинирование криогенного накопителя с суперконденсаторами или гравитационными аккумуляторами. Полученные результаты позволяют обоснованно выбирать режимы зарядки и повышать эффективность выравнивания суточных графиков нагрузки.

Список литературы

1. Guizzi G.L., et al. Thermodynamic analysis of a liquid air energy storage system // Energy. 2015. Vol. 93, Part 2. P. 1639-1647 URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544215013985.

Корниенко П.И.
студент
Салманова Д.А.
к.т.н.,
Северо-Кавказский федеральный университет,
Россия, Ставрополь
salmanova.dinara@yandex.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ КВАСА

Аннотация. В статье представлен обзор функциональных свойств кваса как традиционного напитка с потенциалом для обогащения рациона биологически активными компонентами. Проанализирован нутриентный профиль кваса, включая содержание органических кислот, витаминов группы В и пробиотических микроорганизмов. Рассмотрены варианты модификации рецептуры за счёт внесения функциональных добавок. Проанализированы перспективы создания специализированных квасных напитков целевого действия.

Ключевые слова: квас; ферментированные напитки; напитки брожения; ферментация; биологически активные вещества.

В условиях современного развития пищевой науки особую значимость приобретает разработка и внедрение функциональных продуктов питания, обладающих способностью оказывать физиологически значимое воздействие на организм человека. Существенное место среди таких продуктов занимают ферментированные напитки, характеризующиеся наличием биологически активных соединений и метаболически активной микрофлоры, формирующих их функциональные свойства.

Квас, являясь традиционным напитком брожения, получаемым преимущественно из зернового сырья, представляет собой сложную биотехнологическую систему, формируемую в результате жизнедеятельности дрожжей и молочнокислых бактерий [4].

Несмотря на многовековую историю потребления, систематизированное научное осмысление кваса как функционального напитка получило развитие сравнительно недавно.

Квас – традиционный восточноевропейский напиток, который готовят путём сбраживания чёрствого хлеба, обычно ржаного, что придаёт ему слегка сладковатый и терпкий вкус. Квас – это натуральный слабогазированный напиток, который получается в результате брожения хлеба и других ингредиентов под воздействием микроорганизмов.

Производство кваса является примером того, как ферментация может помочь сократить количество пищевых отходов, превращая черствый хлеб в новый продукт (квас). Хлеб занимает четвертое место в мире по количеству пищевых отходов. Кроме того, квас может понравиться людям, желающим попробовать новые продукты, особенно функциональные продукты питания, благодаря концентрации биологически активных соединений, которые имеют потенциальную пользу для здоровья.

Зерновые культуры относятся к стратегическим группам культур, выращиваемых во всем мире, и с самого зарождения цивилизации зерно использовалось для потребления в пищу и кормления животных. Зерновые культуры являются важным источником энергии, углеводов, белков, витаминов и минералов. Кроме того, они богаты биологически активными веществами, обладающими полезными для здоровья свойствами. К ним относятся, в частности, фенольные соединения, каротиноиды, токолы и фитостеролы, благодаря которым они обладают высоким потенциалом в качестве сырья для приготовления напитков на растительной основе с функциональными свойствами.

Рожь – второй по значимости злак после пшеницы, из зерна которого пекут хлеб. Ржаное зерно богато клетчаткой (арабиноксилан, β-глюкан, целлюлоза, лигнин и фруктан), которая помогает поддерживать нормальную массу тела. Клетчатка также помогает снизить риск развития диабета, проблем с сердцем и рака. По сравнению с другими видами злаков, ржаное зерно обладает самым высоким содержанием биологически активных веществ, что благо-

творно влияет на организм человека. К этим веществам относятся, среди прочего, витамин Е, провитамин А, фитаты и целый ряд других фенольных соединений, включая фенольные кислоты и алкилрезорцины.

Сегодня люди всё чаще задумываются о поддержании хорошего самочувствия и здоровья, поэтому растёт запрос на продукты, способствующие улучшению этих показателей. Внимание к необычным безалкогольным и функциональным зерновым напиткам заметно усиливается – это вписывается в глобальный тренд на здоровое питание. Ведется активный поиск свежих решений для создания инновационных продуктов и технологий их выпуска, включая возможность обогащения зерновых напитков [5].

Под желудочно-кишечными расстройствами понимают нарушения двигательной функции ЖКТ и его функциональные заболевания – в основном гастроэзофагеальный рефлюкс, функциональную диспепсию, синдром раздражённого кишечника и хронические запоры. Проблемы с перистальтикой стали одной из ключевых тем в мировых исследованиях в области общественного здоровья. В квасе присутствуют аминокислоты, витамины, молочная кислота и прочие полезные элементы, благотворно влияющие на пищеварительную систему кишечника на разных уровнях. Пробиотики способны сдерживать рост вредной микрофлоры в кишечнике, понижать уровень токсинов и активизировать перистальтику, улучшая работу кишечника и стул [7].

В квасе содержится не больше 1,5 % спирта по объёму, а при более долгой выдержке доля спирта может вырасти до 2,5 % и выше. В отличие от прочих алкогольных зерновых напитков, квас причисляют к безалкогольным. Он не нуждается в пастеризации, поскольку роль консерванта играет молочная кислота, образующаяся при молочнокислом брожении. В квасе есть натуральные органические кислоты, аминокислоты и углеводы – всё это ценно с диетической и физиологической точки зрения. Напиток благотворно сказывается на обмене веществ, снабжает организм витаминами группы В, фолиевой кислотой и помогает нормализовать пищеварение. К сожалению, в настоящее время самый распространённый продукт под названием квас – на рынке получается путём разбавления солодового концентрата большим количеством добавок – и чаще всего это пастеризованный продукт [2].

В последнее время усилился интерес к растениям, в том числе к травам, богатым полифенолами и обладающим антиоксидантными свойствами. Они становятся востребованными в качестве ингредиентов для функциональных продуктов питания и нутрицевтиков [10].

В литературе имеется несколько сообщений о влиянии сырьевых добавок на основе плодов черноплодной рябины, облепихи и листьев мяты перечной на полезные свойства квасов. Рассмотрим их подробнее. Учитывая растущий интерес к инновационным, безалкогольным и функциональным напиткам на растительной основе, исследования в этой области актуальны и полностью оправданы [3].

Плоды черноплодной рябины характеризуются высоким содержанием фенольных соединений и, таким образом, относятся к плодам с самыми высокими антиоксидантными свойствами. Кроме того, плоды черноплодной рябины являются ценным источником антоцианов, проантоцианидинов и гидроксикоричных кислот. Плоды облепихи, как и черноплодной рябины, являются источником биологически активных компонентов, в состав которых входят витамины, флавоноиды, каротиноиды и ненасыщенные жирные кислоты, которые положительно влияют на здоровье человека. Особенно важным является наличие в этих плодах стабильного витамина С. Плоды облепихи характеризуются широким спектром полезных для здоровья свойств благодаря значительному содержанию антиоксидантных соединений, включая флавоноиды, токоферолы и каротиноиды [9].

Мята перечная выращивается в основном из-за ее эфирного масла, которое может быть извлечено из свежемолотых листьев, обеспечивая сырье для получения различных биологически активных соединений. Помимо эфирного масла, листья мяты перечной содержат следующие незаменимые компоненты: стероиды, флавоноиды, тритерпеноиды, фенольные кислоты и др. Таким образом, эта трава является ценным сырьем для получения различных биологически активных соединений, обладающих противовоспалительной, антибактериальной, противовирусной и противоопухолевой активностью [6].

Квас представляет собой традиционный ферментированный напиток, обладающий значительным потенциалом в качестве функционального пищевого продукта [8]. Его биологи-

ческая ценность обусловлена сложным симбиотическим взаимодействием дрожжей и молочнокислых бактерий, формирующих уникальный метаболический профиль, включающий органические кислоты, витамины группы В, витамин С, аминокислоты и другие биологически активные соединения [1].

Научно обосновано, что если пить квас на регулярной основе, это способно благотворно влиять на состояние желудочно-кишечного тракта, помогать нормализации состава микробиоты, а также давать антиоксидантные и метаболические эффекты. Данные проанализированных научных работ также показывают, что рецептуры кваса можно дорабатывать для усиления его функциональности – например, снижать гликемический индекс, вводить в состав растительные экстракты и повышать пробиотическую активность. Это позволяет смотреть на квас не просто как на часть повседневного рациона, а как на перспективный объект для биотехнологических решений в производстве продуктов здорового питания. Применение комплексного подхода к изучению данного напитка поможет активнее выводить его в категорию функциональных продуктов.

Список литературы

1. Гарькина, П. К. Перспективы обогащения напитков брожения / П. К. Гарькина, Д. С. Соколов, Е. Г. Соболев // Инновационная техника и технология. – 2022. – Т. 9, № 2. – С. 10-14.

2. Дзиццоева, З. Л. О целесообразности использования экстракта ячменного солода при создании современных напитков на основе спиртового брожения / З. Л. Дзиццоева, И. К. Сатцаева, Д. В. Катаев // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84, № 1(91). – С. 174-180.

3. Использование клубничного сока с целью повышения пищевой ценности кваса / Д. Е. Марсова, М. А. Смирнов, П. В. Князева [и др.] // Решетневские чтения: материалы XXIX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика Михаила Федоровича Решетнева: в 2-х частях, Красноярск, 10–14 ноября 2025 года. – Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, 2025. – С. 1277-1279.

4. Кротов, А. С. Исследование особенностей жизнедеятельности молочнокислых бактерий при производстве кваса / А. С. Кротов // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством. – 2020. – Т. 1, № 1(1). – С. 288-291.

5. Лопаева, Н. Л. Характеристика кваса / Н. Л. Лопаева, А. Н. Кожушко // Приоритетные направления развития аграрной науки и технологий: Сборник тезисов научно-практической конференции, посвященной 75-летнему юбилею факультета биотехнологии и пищевой инженерии, Екатеринбург, 18 декабря 2024 года. 2 часть. – Екатеринбург: Уральский государственный аграрный университет, 2024. – С. 518-520.

6. Лужецкая, М. Е. Разработка рецептуры кваса с функциональными свойствами / М. Е. Лужецкая, Е. А. Коротких // Материалы студенческой научной конференции за 2023 год, Воронеж, 18–28 апреля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2023. – С. 215.

7. Прохур, А. Д. Применение изюма в качестве натурального сахарозаменителя в технологии производства кваса / А. Д. Прохур, Т. Л. Шевелева // Инженерно-технологические решения проблем развития АПК и общества: Сборник трудов LVIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 12–13 марта 2024 года. – Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2024. – С. 110-114.

8. Разработка состава и технологии напитка на основе квасного сусла с низким гликемическим индексом / П. К. Буров, Р. А. Федорова, Л. В. Гапонова, Т. П. Арсеньева // Вестник Международной академии холода. – 2024. – № 4. – С. 52-57.

9. Распутина, Д. С. Квасы брожения, обогащенные растительными добавками / Д. С. Распутина // Научный альманах Центрального Черноземья. – 2022. – № 1-9. – С. 37-45.

10. Харламова, Л. Н. Технология получения кваса с полезными свойствами / Л. Н. Харламова, М. Ю. Синельникова, Д. Ю. Матвеева // Пищевая промышленность. – 2024. – № 10. – С. 49-52.

Секция
СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Сафронов В.И., Шайдуллин З.Р.
студенты
Научный руководитель: ***Касьянов С.В.***
к.т.н., доцент,
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
kpfu.ktomp@yandex.ru

КАЧЕСТВО ДОКУМЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ КАК ФАКТОР НИЗКОЙ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СМК ПОСТАВЩИКОВ АВТОКОМПОНЕНТОВ[1]

Аннотация. Результаты анализа функционирования СМК на российских автокомпонентных предприятиях свидетельствуют об их низкой результативности. Это обусловлено тем, что документы СМК создаются в отдельных службах, без опоры на реальные технологические процессы, их содержание противоречит техдокументации. Доказано, что фундаментом эффективной СМК должна служить отечественная система технологической подготовки производства (ЕСТПП).

Ключевые слова: единая система технологической подготовки производства., APQP-проект, одобрение производства потребителем, специальные характеристики качества, информационно-технологическое сопровождение качества.

1. Роль и ценностный потенциал требований ЕСТПП в управлении качеством АК в условиях текущих производственных вызовов

В период плановой экономики СССР все промышленные предприятия находились в собственности государства. Производимая этими предприятиями продукция предназначалась для массового, безадресного потребителя. Сбыт товаров производился государством через систему плановых заданий, с утвержденными ценами. Государство в свою очередь гарантировано обеспечивало предприятия штатами профильных специалистов, согласно установленным нормативам. Премия зависела от выполнения календарных графиков выпуска установленных объемов изделий. В этих условиях конкуренция отсутствовала, следовательно, экономических стимулов к постоянному повышению качества практически не было.

В настоящее время автопроизводители требуют от поставщиков автокомпонентов полного исключения брака. Однако, в силу факторов, сложившихся за предыдущие десятилетия, снижать внутренний уровень дефектности предприятия не в состоянии.

Переход к рыночной экономике в начале 1990-х годов сам по себе не мог заставить руководителей предприятий всерьез заняться качеством автокомпонентов, поскольку выход на глобальные автомобильные рынки так и не состоялся. Более того, в 90-е годы значительная доля мощностей бывших гигантов индустрии оказалась распределена между небольшими частными узкоспециализированными фирмами. Лишенные господдержки, многие из них уже не могли содержать полноценные инженерные подразделения, приобретать сырье и материалы надлежащего качества, брать кредиты в нужном объеме для финансирования подготовки производства. Система мотивации персонала резко ослабла. На фоне падения качества инже-

[1] Сокращения, принятые в статье: СХК – специальная характеристика качества. СМК – система менеджмента качества. ЕСТПП – единая система технологической подготовки производства.

нерного образования снизилась компетентность управленцев и рядовых специалистов. Закономерно упала и культура управления, основанная на достоверной информации.

На протяжении шести десятилетий главной информационной платформой управления качеством выпускаемой продукции служила ЕСТПП. Входящие в ее состав стандарты жестко регламентируют последовательность действий по изготовлению изделий утвержденного качества. Нормируемые параметры качества автокомпонентов, включая их предельные значения, фиксируются в документации, оформленной по правилам ЕСКД. Условия выполнения технологических и контрольных операций прописывается в комплектах техдокументации в соответствии с ЕСТД. Правила поддержания оборудования в работоспособном состоянии изложены в документах единой системы технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта по отработанному оборудованием времени. Метрологическое обеспечение подчиняется требованиям государственной системы обеспечения единства измерений. Все перечисленные нормативные документы продолжают применяться и сегодня.

Процедуры контроля в ходе изготовления и отгрузки автокомпонентов также строго стандартизованы: проверка технологической точности на разных этапах производства, надзор за соблюдением технологической дисциплины, мониторинг технического состояния оснастки и оборудования. Таким образом, десятилетиями выпуск качественных автокомпонентов в отечественном автопроме опирался на отлаженную национальную систему генерации и циркуляции информации, хорошо знакомую всем отраслевым кадрам.

Сроки технологической подготовки производства по плану всегда были жесткими. Из-за отсутствия специализированного программного обеспечения для проектирования, реальное количество документаций, оформлявшееся вручную, часто оставляло желать лучшего. В период серийного выпуска новых моделей, к этим проблемам добавлялись организационные сбои, например, несоблюдение точности оборудования, нестабильные поставки импортных комплектующих. В итоге количество рекламаций оставалось довольно высоким.

Между тем государственный запрос на современную автомобильную технику неуклонно растет. Прослеживается устойчивая тенденция ужесточения требований к качеству автокомпонентов, в первую очередь к точности изготовления деталей. Головные заводы будут и далее настаивать на документальном подтверждении управляемости специальных характеристик качества (СХК). Для достижения этих целей качество продукции придется объективно повышать. А это неизбежно означает необходимость поднять качество информации, заложенной в ЕСТПП, дополнить ее всеми актуальными требованиями и методиками анализа текущих данных с целью регулирования СХК как инструмента улучшения качества.

2. Анализ результативности внедрения стандартов СМК в РФ на примере автопрома

Как показывает практика, почти два десятилетия сертификации СМК отечественных изготовителей автокомпонентов (АК) по правилам IATF 16949 подавляющее большинство экспертов считают малоэффективной. В связи с тем, что механическое перенесение любых иностранных методик без их адаптации к нашим условиям не приносит пользы.

Изначально базовый документ IATF 16949 являлся не более чем формально закреплённым обобщением лучших практик мировых лидеров автопрома по удержанию рыночных позиций через непрерывное повышение качества. В нём систематизированы подходы к планированию целей при запуске производства новых деталей и алгоритмы оценки степени их достижения. Особый акцент сделан на идентификацию критических параметров качества, сбор данных об их текущих значениях и формирование адекватных планов управления.

Стандарт специально не описывает конкретные технологические методы, так как в развитых странах подготовка производства – корпоративная, а не государственная функция. Каждый автогигант использует данную структуру лишь как канву для выстраивания собственных мер по предотвращению потерь, включая работу с поставщиками. Конечная цель – не допустить риски недостижения запланированного коммерческого результата.

Оперативные корректирующие действия на основе данных систематических измерений резко увеличивает объём обработки информации. Поэтому ещё до выхода первой версии ISO 9001 в 1988 году ведущие мировые компании стали автоматизировать процессы подготовки производств. Например, в 70-х годах прошлого века вся техдокументация для строящегося КАМАЗа от зарубежных партнёров уже была выполнена с помощью компьютерной техники.

Позже, на совместных предприятиях по сборке иномарок, российские инженеры смогли убедиться в высокой степенью детализации технологий, строгости ресурсного обеспечения и жёсткости требований к локальным контрагентам, а также в наличии у западных коллег автоматизированных систем для процедур MSA и SPC.

В 90-е годы множество российских частных компаний – производителей автокомпонентов, вышедших из крупных заводов, продолжали работать по документации ЕСТПП. Государство, уже не будучи собственником, решило тотально внедрять системы качества по ISO 9001-94. Ключевым требованием стало наличие сертификата, без которого доступ к тендерам закрывался. Формальные нормы ISO стали обязательными наряду со старой техдокументацией, хотя никто не анализировал, насколько существующая управленческая информация пригодна для поддержания конкурентоспособности.

В угоду госполитике новые отделы качества в спешке писали процедуры для формального соответствия стандарту. Обучение людей происходило без привязки к документации ЕСТПП. Внутренние аудиты СМК искали не зоны для улучшений, а формальные нестыковки с требованиями. Технические специалисты вместо реальной работы тратили время на бумаги для органов по сертификации.

Ситуация только ухудшилась с переходом на IATF 16949, который предписывает обязательные процедуры работы с управленческой информацией (FMEA, MSA, SPC, PPAP и др.). В России каждую из них воспринимают как самодостаточный отчётный инструмент. Главная задача – не реальное улучшение, а формальное поддержание минимального уровня дефектности плюс слепое следование корпоративным руководствам заказчиков ради сохранения сертификата.

· FMEA призван ранжировать риски от потенциальных дефектов. Но в источнике [3] методика описана лишь схематично: нет чёткого перечня документов, карт потоков, методик измерений, требований к компетенциям экспертов. Итоговый параметр ПЧР формируется субъективно. Поставщик не получает достоверных данных для управления качеством, однако обязан демонстрировать его снижение.

· MSA [4] должна подтверждать достоверность измерений критических характеристик. Но стандарт игнорирует требования госсистемы единства измерений и необходимость приборов с высоким разрешением. Покупать их только ради сертификации – дорого. Без компьютерных средств управления проектом проще ввести 100 %-ный контроль, чем осваивать статистику [5]. Формальные отчёты пишутся на основе текущих измерительных средств, поэтому объективной оценки процессов нет.

· PPAP [6]: сверка отчёта с техдокументацией трудоёмка и напрямую стандартом не регламентирована. Проверка чаще сводится к соответствию форм ГОСТ Р [7]. Специалисты заказчика знают, что данные в отчётах PPAP не очень надёжны, и для подстраховки требуют включать в реестр второстепенные характеристики. Поставщик несёт лишние расходы на избыточный контроль, так что, пользы – никому.

Если у поставщика действительно случается серьёзный брак, его специалисты будут действительно решать проблему. Но когда дефект обнаруживает заказчик, он требует отчёт по методике 8D. В инструкциях заказчиков часто нет требований к компетенции команды и перечня обязательных документов для отслеживания дефектов в жизненном цикле изделия. Команда 8D поставщика знает, что глубокая проверка отчёта не последует, поэтому истинные причины брака нередко не верифицируются.

В итоге значительная часть рабочего времени множества квалифицированных сотрудников уходит на оформление не вполне достоверных периодических отчётов (правый нижний угол рис. 1). Не приходится удивляться, что почти 20-летний опыт сертификации СМК российских производителей автокомпонентов на соответствие IATF 16949 практически все опытные эксперты признают нерезультативным. Очевидно: прямое копирование любых иностранных нововведений без адаптации к реальным условиям бессмысленно.

Заключение

Начавшееся «импортозамещение» международных систем менеджмента побуждает критически проанализировать их приемлемость для решения актуальных задач в реальных сегодняшних условиях работы поставщиков АК. А главное – обосновать содержание информации, необходимой. для результативного управления качеством именно на российских предприятиях.

Список литературы

1. ГОСТ Р 8.000-2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Основные положения. – М.: Стандартинформ 2015 г. 16 с.
2. IATF 16949:2016 Системы менеджмента качества. Особые требования к применению стандарта ISO 9001:2015 для автомобильного производства и соответствующих сервисных организаций. / М.: Стандартинформ, 2015. 23 с.
3. ГОСТ Р 51901.12-2007 Менеджмент риска. Метод анализа видов – М.: Стандартинформ, 2008. 40 с.
4. ГОСТ Р 51814.5–2005 Системы менеджмента качества в машиностроении. Анализ измерительных и контрольных процессов. / – М.: Стандартинформ, 2005. 54 с.
5. Касьянов С.В., Фаттахова Г.Р., Ямалиева Р.А. Подготовка и внедрение документированной процедуры «Оценка приемлемости измерительных процессов» // Контроль качества продукции 2017 № 8 с. 50-53
6. ГОСТ Р 58139–18 Системы менеджмента качества. Требования к организация автомобильной промышленности. – М.: Стандартинформ 2018 32 с.
7. ГОСТ Р 51814.4-2004 Системы менеджмента качества в машиностроении. Одобрение производства автомобильных компонентов – М.: Госстандарт 2004 36 с.

Шайдуллин З.Р., Сафронов В.И.
студенты
Научный руководитель: ***Касьянов С.В.***
к.т.н., доцент,
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Россия, Набережные Челны
kpfu.ktomp@yandex.ru

ПЕРЕХОД ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ К ИНФОРМАЦИОННОМУ СОПРОВОЖДЕНИЮ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ АВТОКОМПОНЕНТОВ

Аннотация. Статья рассматривает эффективность управления качеством автокомпонентов в рамках подготовки производства и выпуска продукции. Нужно сохранить документацию единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) как основу качества. Формируется единый комплекс информационно-технологического сопровождения качества: систематизацию дефектов жизненного цикла, карты потоков операций, измерения специальных характеристик качества и планы управления рабочих мест. Это обеспечивает прослеживаемость данных качества и повышение конкурентоспособности поставщика. Поэтому нужно разработать отечественный программный продукт для улучшения качества.

Ключевые слова: автокомпоненты, управление качеством, ЕСТПП, APQP, специальные характеристики.

Введение

Современное автомобилестроение требует обеспечения стабильного качества автокомпонентов (АК) на всех стадиях его жизненного цикла. В российских условиях основой документирования требований к продукции и процессам производства остается единая система технологической подготовки производства (ЕСТПП). Она обеспечивает единые требования и простоту взаимодействия поставщиков и потребителей, а еще регулирует разработку технологической документации.

Это базовый инструмент технологического обеспечения качества, так как задает стандартные формы документации, в том числе: маршрутные карты, операционные карты, технологические карты контроля, регламенты обслуживания оборудования.

Но ЕСТПП разрабатывалась в условиях административно-плановой экономики, когда поставщик был ориентирован преимущественно на выполнение объемов производства, а не на конкурентную борьбу за заказчика. В результате система не содержит все процедуры необходимых для предупреждения дефектов, оперативного реагирования на несоответствия и постоянного улучшения качества. Отсюда и возникает необходимость дополнения существующей системы технологической подготовки производства современными инструментами управления качеством.

Наиболее актуальными задачами российских поставщиков автокомпонентов является:

• обнаружение первых несоответствий специальных характеристик качества, которые могут привести к критическим дефектам;

• быстрое устранение причин обнаруженных рекламационных дефектов;

• подтверждение результативности управления специальными характеристиками в соответствии с требованиями заказчика.

В связи с этим требуется разработка комплексного подхода к информационному сопровождению процессов подготовки производства и серийного выпуска автокомпонентов.

Также существующая практика разработки отдельных внутренних процедур системы менеджмента качества (СМК), не связанных напрямую с технологическими документами ЕСТПП приводит к противоречиям и снижению результативности управления качеством.

Таким образом, лучше не отказываться от ЕСТПП, а дополнять ее современными элементами, которые позволяют повысить качество продукции.

Наиболее хорошим способом организации расширенной документации является добавление требований ЕСТПП в структуру APQP-процесса (Advanced Product Quality Planning) [1, 2]. Данная структура уже широко применяется в международной практике и адаптирована в российских стандартах.

APQP-процесс включает в себя пять этапов:

1. Разработка концепции изделия;
2. Проектирование изделия;
3. Разработка технологических потоков производства;
4. Окончательная подготовка производства и верификация;
5. Серийное производство и улучшение.

При этом документы ЕСТПП могут быть добавлены в каждый этап APQP без изменения структуры базовой технологической подготовки.

Для решения современных задач предлагается создание комплекса «информационно-технологического сопровождения качества» (ИТСК). Этот термин подчеркивает, что вместе с традиционными документами ЕСТПП комплекс включает: процедуры накопления текущих данных, анализа причин дефектов, планирования улучшений и подтверждения их результативности.

ИТСК предполагает дополнение технологической документации следующими частями:

• Перечень критических последствий потенциальных дефектов на раннем этапе разработки;

• Перечни критических дефектов в эксплуатации и в производстве заказчика;

• Реестр специальных характеристик качества (СХК);

• Карты потоков операций с регистрацией СХК [3];

• Методики измерения СХК на рабочих местах;

• Процедуры оценки пригодности измерительных процессов;

• Перечни ключевых контрольных характеристик в операциях формирования СХК;

• Планы реагирования на несоответствия;

• Оперативные рабочие инструкции для операторов и наладчиков;

• Планы управления установочной партией;

• Процедуры формирования текущих баз данных качества.

Чтобы согласовать требования и исключить дублирование информации, нужно дать новым документам статуса приложений к технологическим картам ЕСТПП.

Структура документирования ИТСК распределяется по этапам проекта (табл.):

Этап I – формирование концепции. Дополнительно к технико-экономическому обоснованию и техническому заданию рекомендуется включать перечень недопустимых последствий потенциальных дефектов и предварительный бизнес-план.

Этап II – конструкторская подготовка. Конструкторская документация дополняется перечнями видов критических дефектов, возникающих при эксплуатации изделия и при производстве у заказчика. Также производится выделение и согласование специальных характеристик качества.

Этап III – разработка технологических потоков. Разрабатываются карты потоков операций, методики измерения СХК, перечни ключевых контрольных характеристик, планы реагирования, а также рабочие инструкции управления качеством на рабочих местах.

Этап IV – подготовка производства и верификация. Формируются планы управления установочной партией, отчеты по верификации наладки оборудования, подтверждение ключевых параметров и подготовка отчета для одобрения производства потребителем.

Этап V – серийное производство и улучшение. Включаются процедуры аттестации процессов, актуализация планов управления СХК, накопление баз данных и обеспечение улучшений.

Таблица

Необходимые документированные дополнения к техдокументации в формате APQP-проекта

Этап проекта	**Основные документы ЕСТПП**	**Обеспечение процедур СМК**		
		Задачи управления	***Дополнительная документация***	
			Наименование	***Статус***
1. Разработка концепции	ТЭО ТЗ на проектирование автокомпонента	Обеспечить прибыльность проекта	Предварительный бизнес-план	Самостоятельный
2. Проектирование автокомпонента	Конструкторская документация по ЕСКД.		Перечень критических видов дефектов: - у пользователя - у заказчика	Приложения к КД
3. Разработка ЖЦ технологий автокомпонента	Планировка расположений оборудования. Технологические карты: - маршрутные; -операционные; - контроля	Обеспечить прослеживание качества, постоянно повышать стабильность процессов	Карты потоков: - техпроцессов; - операций.	В составе комплектов ТД
			Ключевые контрольные спецхарактеристики	Приложения операционным картам
			ТЗ на закупку технических средств	Завершение технологического проектирования
4. Окончательная подготовка производства	Регламенты ТО и осмотров оборудования	Получить одобрение производства на поставку от заказчика	Методики: - измерений спецхарактеристик - оценки приемлемости процессов измерений	Приложение к комплекту техдокументации
5. Выпуск, поставка, сервис, улучшение	Процедура аттестации техпроцессов. Регламент контроля технологической дисциплины	Исключить появление дефектов у заказчика. Исключить срыв сроков поставок	Данные мониторинга спецхарактеристик. Формирование без данных для улучшений	Базы данные на рабочем месте

Ручное заполнение документации ЕСТПП и дополнительных материалов требует значительных трудозатрат и поэтому на предприятиях-поставщиках автокомпонентов данная проблема усугубляется дефицитом квалифицированных специалистов.

Существующие системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП), как правило ориентированы на формирование стандартных документов ЕСТПП, но не обеспечивают комплексного управления качеством, анализа дефектов и поддержки процедур улучшения.

Поэтому, внедрение ИТСК требует разработки универсального отечественного программного продукта, обеспечивающего автоматизацию:

• Формирования документации;
• Регистрации данных измерений;
• Управления СХК;
• Накопления баз данных;
• Поддержки принятия решений по улучшениям.

Заключение

ЕСТПП остается основой обеспечения качества автокомпонентов на российских предприятиях, но в современных условиях ее возможностей недостаточно для эффективного управления качеством и повышения конкурентоспособности поставщиков.

Комплекс информационно-технологического сопровождения качества (ИТСК) позволяет расширить документацию ЕСТПП за счет включения современных методов предупреждения дефектов, контроля специальных характеристик качества, разработки рабочих инструкций и формирования баз данных для анализа, и улучшения процессов.

Интеграция ИТСК в структуру APQP-процесса обеспечивает системность мероприятий по управлению качеством на всех этапах жизненного цикла автокомпонента.

Для практической реализации предложенного подхода требуется создание отечественного программного продукта, способного обеспечить автоматизацию расширенного комплекса процедур и документации. Создание такого продукта должна рассматриваться как важная государственная задача, так как без нее достижение конкурентоспособного уровня качества российской автотехники затруднено.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51814.6–2005. Системы менеджмента качества в машиностроении. Менеджмент качества при планировании, разработке и подготовке производства автомобильных компонентов. – М.: Стандартинформ, 2005. – 43 с.

2. ГОСТ Р 51814.4–2004. Системы менеджмента качества в машиностроении. Одобрение производства автомобильных компонентов. – М.: Госстандарт, 2004. – 36 с

3. Касьянов С.В., Биктимирова Р.Ф. Технологический переход как ключевой процесс управления качеством продукции в соответствии с ИСО/ТС 16949-09 // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 3. – С. 27–29.

4. Касьянов С.В., Сафаров Д.Т. Диагностирование технологического оборудования и оснастки по показателям технологической точности // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 3. – С. 24–28.

Савостиков Г.А.
студент,
savostikovlol@gmail.com
Научный руководитель: ***Савостикова О.Г.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ЛАБОРАТОРИИ МАКЕТИРОВАНИЯ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ: ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЛАБОРАТОРИИ «FAB LAB» МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХА

Аннотация. В публикации анализируется применение инструментов бережливого производства в лаборатории макетирования и прототипирования, функционирующей как внутривузовское производственное подразделение. Описан практический опыт внедрения системы 5S, визуализации и КАНБАН в условиях смены руководства, кадрового дефицита и наличия сторонних проектов. Ключевой акцент сделан на адаптации классических методов lean-производства к лабораторной среде, а также на роли «низовой» инициативы при построении системы качества.

Ключевые слова: бережливое производство, лаборатория прототипирования, 5S, канбан, стандартизация, рискориентированное мышление.

Введение

Современные лаборатории, даже не будучи аккредитованными в строгом смысле, все чаще сталкиваются с необходимостью внедрения систем управления качеством. Это связано не только с требованиями вышестоящих организаций, но и с внутренней потребностью в упорядочивании деятельности, повышении производительности и снижении числа срывов заказов. Особенно остро эти вопросы стоят в лабораториях, совмещающих функции научной разработки и мелкосерийного производства.

Объектом данного исследования выступает лаборатория макетирования и прототипирования Московского Политеха. По сути, лаборатория выполняет функции производственной мастерской (мануфактуры), оснащенной парком оборудования: ЧПУ-лазерно-граверные станки, 3D-принтеры, токарные станки, ручной электроинструмент и паяльное оборудование. Продукция лаборатории ориентирована преимущественно на внутренние нужды вуза, включая изготовление фирменной продукции для дней открытых дверей (ДОД).

Когда начиналось внедрение инструментов качества, лаборатория переживала глубокий системный спад, сложившийся из нескольких факторов:

a) руководство и весь штат лаборатории сменились полностью;

b) отсутствовала какая-либо документальная база (положения, инструкции);

c) осталось «наследие прошлого» – нерабочее оборудование, собранное ещё прежними сотрудниками;

d) на территории лаборатории хранилось имущество, которое ей не принадлежало (чужие проекты);

e) не хватало людей из-за низких зарплат;

Такая картина знакома многим университетским лабораториям, но именно в подобной обстановке внедрение quality-инструментов превращается не в пустую формальность, а в реальный способ выжить и навести порядок.

Методологической базой исследования выступают ключевые национальные стандарты в области менеджмента качества:

a) ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Системы менеджмента качества. Требования» [6], устанавливающий процессный подход, цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act) и риск-ориентированное мышление как основу эффективного управления;

b) ГОСТ Р 56407-2023 «Бережливое производство. Основные инструменты и методы их применения» [3], регламентирующий применение таких инструментов, как 5S, стандартизация работы, визуализация, канбан и всеобщее обслуживание оборудования (TPM);

c) ГОСТ Р 12.4.026-2015 «Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная» [1];

d) ГОСТ Р 56020-2020 «Бережливое производство. Основные положения и словарь» [2];

e) ГОСТ Р 56906-2016 «Бережливое производство. Организация рабочего места (5S)» [4];

f) ГОСТ Р 57523-2017 «Бережливое производство. Руководство по системе подготовки персонала» [5].

Цель данной работы – разобрать, какие нюансы возникают при внедрении этих инструментов именно в лаборатории макетирования и прототипирования, и сформулировать практические советы, опираясь на реально прожитый опыт.

1. Теоретические основы

ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [6] базируется на процессном подходе, согласно которому деятельность организации рассматривается как совокупность взаимосвязанных процессов, преобразующих входы в выходы, представляющие ценность для потребителя. В условиях лаборатории макетирования основным процессом является производство изделий (макетов, брендированная продукция, прототипы) по заказам.

Однако реальность лаборатории такова, что процессы не были идентифицированы и описаны. Сотрудники действовали по принципу "тушения пожаров", что противоречит требованию п. 4.4 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [6], согласно которому организация должна определять процессы, их последовательность, критерии и методы для обеспечения результативности.

Цикл PDCA, рекомендуемый стандартом [6], включает четыре этапа:

1) - Планируй (Plan) – разработка целей и определение ресурсов;
2) - Делай (Do) – выполнение запланированного;
3) - Проверяй (Check) – мониторинг и измерение результатов;
4) - Действуй (Act) – принятие мер по улучшению.

В лаборатории этот цикл был нарушен: планирование производства линеек для ДОД осуществлялось без учета реальных мощностей и технического состояния оборудования, что приводило к систематическим срывам. Отсутствие этапа "Проверяй" не позволяло выявить причины сбоев, а этап "Действуй" замещался авральными ремонтами.

Ключевое принцип ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [6] – риск-ориентированное мышление. Стандарт требует, чтобы организация определяла риски и возможности, влияющие на способность достигать намеченных результатов. В лаборатории риски были видны невооружённым глазом, но никак не фиксировались на бумаге:

a) оборудование могло сломаться из-за отсутствия планового обслуживания (например, лазерный станок очистили от нагара только потому, что лаборант проявил личную инициативу);

b) сроки срывались из-за того, что лабораторию загружали посторонними проектами;

c) высока была вероятность травм, так как инструкции по технике безопасности давно не обновлялись.

ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [6] не требует формальной процедуры управления рисками, но требует принятия действий в отношении рисков. В условиях лаборатории это означает необходимость выявления "узких мест" и разработки предупреждающих мер.

Этап диагностики

Первым шагом внедрения инструментов качества стала диагностика текущего состояния. В терминологии ГОСТ Р 56407-2023 [3] этот этап соответствует начальным шагам картирования потока создания ценности (VSM) – выявлению потерь.

В ходе диагностики были выявлены следующие категории потерь (в терминологии бережливого производства):

1) избыток запасов ("лишние запасы") – хранение неработающего оборудования, собранного предыдущими сотрудниками. Это оборудование занимает дефицитное пространство, не используется и создает информационный шум.

2) дефекты и переделки – поломки 3D-принтеров, недостаточная производительность работоспособных устройств, необходимость повторной печати.

3) ожидания – простой оборудования из-за необходимости его ремонта или настройки.

4) лишние перемещения – из-за беспорядочного хранения расходных материалов и инструмента сотрудникам приходится тратить время на поиски.

5) невостребованный потенциал – знания и инициативы сотрудников (например, перепрошивка 3D-принтера, навыки работы на токарном станке, полученные от уволившегося коллеги) никак не фиксируются и не передаются остальным.

Особой проблемой, не описанной в классических стандартах, но типичной для вузовских лабораторий, стало наличие "чужого" имущества – предметов и изделий, принадлежащих сторонним проектам, но хранящихся на территории лаборатории. Из-за этого невозможно навести порядок и возникает двусмысленность с ответственностью: лаборатория не имеет права выбрасывать или сортировать чужие вещи, но при этом обязана обеспечивать их сохранность и безопасность.

3. Практическое внедрение инструментов качества

ГОСТ Р 56407-2023 [3] определяет систему 5S как инструмент организации рабочего пространства, включающий пять шагов: сортировка, соблюдение порядка, содержание в чистоте, стандартизация, совершенствование. В условиях лаборатории внедрение 5S столкнулось с необходимостью адаптации.

Шаг 1. Сортировка (Sort). Была проведена инвентаризация склада, в ходе которой выявлены и утилизированы явные отходы и мусор. Однако в отношении неработающего оборудования, собранного предыдущими сотрудниками, потребовалось применение метода "красных ярлыков" (Red Tagging). Все предметы, не используемые в текущей деятельности, были внесены в таблицу с указанием даты и причины сомнительной ценности. По истечении установленного срока (полгода) предметы, не востребованные в работе, подлежат утилизации.

Шаг 2. Соблюдение порядка (Set in Order). В качестве пилотного участка выбрана зона хранения пластика для 3D-печати. Проведена сортировка пластика по цвету, типу и назначению, организована система хранения с четкой маркировкой. Этот опыт признан успешным и подлежит тиражированию на другие зоны.

Шаг 3. Содержание в чистоте (Shine). По инициативе сотрудников проведено первоначальное обслуживание лазерного станка (очистка от нагара, закупка вышедших из строя внутренних компонентов). Данная инициатива стала основой для разработки чек-листов обслуживания.

Шаг 4. Стандартизация (Standardize). Разработаны и внедрены чек-листы для:

a) подготовки к работе оборудования;

b) обслуживания оборудования;

c) проверки состояния оборудования.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 56906-2016 [4], стандартизация работы предполагает точное описание каждого действия в повторяющихся процессах. Чек-листы являются простейшей формой стандартных операционных процедур (СОП).

Шаг 5. Совершенствование (Sustain). На данном этапе организован еженедельный контроль соблюдения стандартов, ведется журнал предложений по улучшениям.

ГОСТ Р 12.4.026-2015 [1] устанавливает требования к визуальному обозначению опасных зон. В лаборатории обновили технику безопасности – привели её в соответствие с действующими нормами и реальным состоянием оборудования.

ГОСТ Р 56407-2023 [3] определяет визуализацию как инструмент, обеспечивающий наглядное представление информации о состоянии процессов, и позволяющий быстро идентифицировать отклонения. Применительно к лаборатории внедрены:

1) - маркировка зон хранения инструмента;

2) - цветовое кодирование расходных материалов;

Пункт 7.1.6 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [6] "Знания организации" требует, чтобы организация определяла знания, необходимые для функционирования процессов, и обеспечивала их доступность. В лаборатории критической проблемой являлась потеря знаний при смене персонала. Опытный сотрудник, обучивший автора работе на токарном станке, уже не работает в лаборатории, однако его знания были частично сохранены благодаря:

a) - документированию основных операций (последовательность включения, смазка, ключевые узлы управления);

b) - внесению операций в чек-листы обслуживания.

c) - внесению операций в чек-листы подготовке к работе станка.

В соответствии с ГОСТ Р 56407-2023 [3], стандартизация работы включает расчет времени такта исходя из требуемых заказчиком объемов производства, анализ текущей работы и определение потерь. В лаборатории проведен хронометраж операций по изготовлению линеек для ДОД, что позволило:

1) - выявить "узкие горла" производства;

2) - обосновать перед руководством реальные сроки выполнения заказов;

3) - скорректировать ожидания заказчиков в сторону реалистичных.

ГОСТ Р 56407-2023 [3] определяет TPM как инструмент, обеспечивающий максимальную эффективность оборудования через вовлечение всего персонала в процессы обслуживания. При анализе ситуации в лаборатории вскрылось следующее:

1) регламенты техобслуживания отсутствовали;

2) 3D-принтеры ломались из-за того, что профилактику не проводили;

3) оборудование работало с перебоями, что вело к срыву сроков.

Внедрение элементов TPM включает:

1) 1. Самостоятельное обслуживание оператором – очистка, проверка креплений, смазка.

2) 2. Планово-предупредительные ремонты – составление графика обслуживания оборудования.

3) 3. Обучение персонала – передача знаний о работе на токарном станке новым сотрудникам.

Согласно ГОСТ Р 57523-2017 [5], обучение должно быть непрерывным и включать как теоретическую, так и практическую части. В лаборатории реализуется принцип наставничества, однако требуется его формализация.

Проблема срывов производства линеек для ДОД и завышенных ожиданий руководства потребовала внедрения инструмента управления загрузкой. ГОСТ Р 56407-2023 [3] описывает канбан как инструмент, предотвращающий перепроизводство и избыток запасов путем организации вытягивающей системы.

В лаборатории адаптирована упрощенная канбан-доска с тремя состояниями:

1) - "План/Заказы" – поступившие заявки (входной поток);

2) - "В работе" – задачи, находящиеся в производстве (лимит одновременных задач ограничен);

3) - "Готово" – выполненные заказы.

Данная визуализация позволила:

a) - наглядно продемонстрировать реальную загрузку лаборатории;

b) - обосновать невозможность принятия новых заказов при заполненной колонке "В работе";

c) - выявить дисбаланс между поступающими заказами и производственными мощностями.

Наиболее сложной проблемой, с которой столкнулась лаборатория, является наличие на территории сторонних проектов, деятельность которых не подчиняется правилам внутреннего распорядка. Случаи оставления оборудования в грязном или сломанном состоянии без уведомления заведующего лабораторией представляют собой риск для безопасности и сохранности имущества. В терминах риск-ориентированного мышления ГОСТ Р ИСО 9001-2015, данный риск требует управления. Предлагаемое решение – внедрение "Паспорта рабочего места" для сторонних проектов:

1) до начала работ производится совместный осмотр оборудования, фиксация его состояния (фото, видео);

2) подписывается акт приема-передачи рабочего места, фиксирующий исходное состояние;

3) после окончания работ производится приемка по чек-листу (чистота, исправность, наличие всех узлов);

4) в случае выявления нарушений применяются санкции (ограничение доступа к оборудованию, информирование руководства).

Данный подход не требует создания сложной документации, но позволяет снять ответственность с лаборатории и дисциплинировать пользователей.

Но даже при явной пользе от внедряемых инструментов (5S, канбан, чек-листы) процесс изменений упирается в системные рамки, типичные для старта Lean в нестабильной организационной обстановке. Можно назвать несколько главных барьеров, которые тормозят продвижение и мешают замкнуть цикл PDCA [6]:

1 барьер – отсутствие полномочий на уровне лаборатории в отношении «чужого» имущества.

Как уже отмечалось, часть предметов, хранящихся на территории, не принадлежит лаборатории. То есть лаборатория даже после инвентаризации и маркировки не имеет права утилизировать или передвигать эти предметы без согласия вышестоящего начальства или владельцев проектов. На языке бережливого производства такие объекты – это незавершённые запасы: ценности они не создают, но место занимают, требуют учёта и мешают организации потока [3; 2]. А так как решение этого вопроса не входит в зону ответственности заведующего лабораторией, процесс сортировки (первый шаг 5S) полностью завершить не удаётся, а это блокирует дальнейшие шаги (наведение порядка и стандартизацию).

2 барьер – недостаточная поддержка со стороны вышестоящего руководства.

Смена руководства, произошедшая одновременно с обновлением персонала, привела к отсутствию четкого стратегического видения развития лаборатории. Руководство вуза, с одной стороны, ожидает от лаборатории ритмичного выполнения заказов (особенно для дней открытых дверей), с другой – не участвует в устранении системных препятствий, таких как судьба «исторического наследия» или кадровая политика. Без вовлеченности высшего менеджмента, требуемой п. 5.1 ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [6], любые локальные улучшения остаются неустойчивыми и могут быть нивелированы при первом же организационном сбое.

3 барьер – кадровый дефицит и низкая мотивация персонала.

Из-за низких зарплат и высокой загрузки (сотрудники вынуждены одновременно быть и операторами, и столярами, и дизайнерами) любые дополнительные процедуры – заполнение чек-листов, ведение канбан-доски – воспринимаются персоналом как тяжёлая обязанность, а не как способ облегчить себе труд. Согласно принципам бережливого производства, вовлечение персонала – ключевое условие устойчивости улучшений [3; 2]. В сложившихся условиях даже инициативы «снизу» (например, очистка лазерного станка) остаются единичными и не превращаются в системную практику из-за отсутствия времени и стимулов у других сотрудников.

4 барьер – отсутствие формализованной ответственности и закрепленных процедур.

Разработанные чек-листы и визуальные инструкции, хотя и являются важным шагом к стандартизации, не подкреплены механизмами контроля исполнения и обратной связи. В терминах цикла PDCA [6] этап «Проверяй» (Check) не реализован: нет регулярного аудита соблюдения стандартов, не анализируются причины отклонений, не корректируются сами стандарты. В результате чек-листы могут заполняться формально или вовсе игнорироваться, а накопленные знания (например, о настройке токарного станка) не становятся достоянием организации.

5 барьер – конфликт целей «производство vs учебная/проектная деятельность».

Лаборатория одновременно является и внутренним производством (с жесткими сроками выполнения заказов), и открытой площадкой для студенческих проектов. Сторонние проекты без чётких регламентов вносят хаос в производственный ритм: загрузка становится непредсказуемой, возрастает риск поломки оборудования. Если не разделить потоки создания ценности и не ввести прозрачные правила доступа (а это, по сути, часть стандартизации работы [3]), то любые попытки настроить вытягивающую систему через канбан окажутся малопродуктивными.

Итак, ситуация в лаборатории – это классический пример того, как Lean внедряется в отдельно взятом подразделении: локальные улучшения упираются в системные ограничения, которые данное подразделение преодолеть не в силах. Чтобы двигаться дальше, нужно не только оттачивать инструменты, но и решать вопросы на уровне всей организации: узакони-

вать использование пространства, подключать руководство, чётко распределять ответственность и пересматривать подходы к мотивации.

4. Обсуждение результатов и выводы

Проведенное исследование позволяет выделить следующие особенности внедрения инструментов управления качеством в лаборатории макетирования и прототипирования:

1) Специфика "производства" в вузе. Лаборатория одновременно является и учебной, и производственной площадкой. Это создает конфликт целей: с одной стороны, необходимо обеспечивать ритмичное производство, с другой – предоставлять доступ студентам и сторонним проектам. Инструменты качества должны учитывать эту двойственность.

2) Проблема "чужого" имущества. В классических производственных системах все имущество принадлежит организации, что позволяет проводить сортировку без ограничений. В вузовской лаборатории значительная часть предметов находится на ответственном хранении, но не принадлежит подразделению. Требуется специальная процедура идентификации и согласования с вышестоящим руководством.

3) Роль инициативы "снизу". В условиях отсутствия системного руководства и кадрового дефицита ключевую роль играют инициативные сотрудники. Автор статьи по собственной инициативе провел обслуживание лазерного станка, инициировал обучение работе на токарном станке, участвовал в переработке техники безопасности и организации хранения пластика. В терминах ГОСТ Р ИСО 9001-2015, это реализация принципа "взаимодействие людей"[6].

4) Необходимость адаптации стандартных методов. Инструменты, описанные в ГОСТ Р 56407-2023, требуют адаптации к масштабу и специфике лаборатории. Полномасштабное картирование потока создания ценности (VSM) может быть избыточным, в то время как простые чек-листы и канбан-доски дают быстрый эффект [3].

Проведенные работы позволяют говорить о частичном соответствии системы управления лаборатории требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015, что представлено в таблице.

Таблица

Степень реализации системы управления качеством в лаборатории

Требование ГОСТ Р ИСО 9001-2015	Степень реализации	Примечание
Понимание среды организации (п. 4.1)	Частично	Проведен анализ рисков и ограничений
Лидерство и обязательства (п. 5.1)	В процессе	Заведующий лабораторией вовлечен, но требует поддержки руководства
Документированная информация (п. 7.5)	Частично	Разработаны чек-листы, обновляется техника безопасности
Знания организации (п. 7.1.6)	Начальная стадия	Документирование операций, обучение у бывшего сотрудника
Управление процессами (п. 8.1)	Частично	Визуализация загрузки, канбан-доска
Улучшение (п. 10)	Начальная стадия	Выявлены потери, планируются корректирующие действия

На основе проведенного анализа можно сформулировать следующие рекомендации для лабораторий, находящихся в аналогичной ситуации:

1) Начать с диагностики. Провести инвентаризацию всего имущества, выявить "мертвые" запасы, идентифицировать "чужие" предметы. Использовать метод "красных ярлыков" для сомнительных позиций.

2) Легализовать пространство. Обратиться к вышестоящему руководству с предложением определить судьбу "чужого" имущества. Без решения этого вопроса любые усилия по организации пространства будут блокированы.

3) Внедрить простейшие чек-листы. Начать с ежедневного обслуживания оборудования (лазерный станок, 3D-принтеры, токарный станок). Чек-листы должны быть краткими и понятными.

4) Визуализировать загрузку. Канбан-доска с ограничением на количество задач в работе позволяет управлять ожиданиями заказчиков и выявлять "узкие места".

5) Документировать знания. Любое обучение (например, у бывшего сотрудника) должно сопровождаться созданием инструкций, фото- или видеофиксацией. Знания должны принадлежать организации, а не отдельным сотрудникам.

6) Разработать правила для сторонних пользователей. Паспорт рабочего места и акт приема-передачи оборудования позволяют защитить интересы лаборатории и дисциплинировать временные проекты.

7) Использовать цикл PDCA для постоянного улучшения. Регулярно анализировать результаты, выявлять причины сбоев, вносить коррективы в стандарты работы.

Заключение

Внедрять инструменты управления качеством в лабораторию макетирования и прототипирования – дело непростое, но необходимое, особенно когда на фоне смены руководства и кадровых перестановок наступил системный кризис. Опыт лаборатории Московского Политеха показывает: даже при отсутствии формальной СМК использование таких инструментов, как 5S, стандартизация, визуализация и канбан, помогает навести порядок, сократить число срывов заказов и заложить фундамент для дальнейшего роста.

Ключевыми факторами успеха стали:

1) использование национальных стандартов (ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ Р 56407-2023) в качестве методологического фундамента;

2) подстройка классических инструментов под особенности лаборатории;

3) местная инициатива сотрудников, которая отчасти компенсирует отсутствие системного руководства;

4) поэтапное решение проблем – от инвентаризации к стандартизации.

В перспективе развитие системы качества в лаборатории должно идти по пути формализации процессов, внедрения риск-ориентированного мышления на всех уровнях и построения системы постоянного совершенствования, которая отвечала бы требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2015.

Список литературы

1. ГОСТ Р 12.4.026-2015. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. – М.: Стандартинформ, 2015.

2. ГОСТ Р 56020-2020. Бережливое производство. Основные положения и словарь. – М.: Стандартинформ, 2020.

3. ГОСТ Р 56407-2023. Бережливое производство. Основные инструменты и методы их применения. – М.: Российский институт стандартизации, 2024. – 11 с.

4. ГОСТ Р 56906-2016. Бережливое производство. Организация рабочего места (5S). – М.: Стандартинформ, 2016.

5. ГОСТ Р 57523-2017. Бережливое производство. Руководство по системе подготовки персонала. – М.: Стандартинформ, 2017.

6. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартинформ, 2015. – 32 с.

Сигаев Д.А., Семергей Я.А.
студенты,
dimasigaev24@mail.ru
Научный руководитель: ***Меркулов С.С.***
ассистент,
Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Россия, Москва

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБРАЗЦОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ SIEMENS NX

Аннотация. Данная работа посвящена автоматизации проектирования пропорциональных плоских образцов для испытаний тонких листов и лент на растяжение по ГОСТ 11701-84 с помощью параметрического моделирования в среде Siemens NX. Новизна полученного результата заключается в разработке параметрической модели образца. Использование параметрического подхода позволяет снизить трудозатраты и время разработки, а также уменьшить вероятность ошибок при ручном расчёте и моделировании. Ключевые слова: CAD; Siemens NX; автоматизация проектирования; испытание на растяжение; механические свойства; параметрическое моделирование.

Ключевые слова: CAD; Siemens NX; автоматизация проектирования; испытание на растяжение; механические свойства.

Введение

Контроль качества материалов является неотъемлемой частью производственного процесса на машиностроительных предприятиях. Одним из важнейших этапов контроля служат механические испытания, результаты которых используются для допуска материалов к производственным операциям и для оценки их пригодности в ответственных конструкциях. Для стандартизированных испытаний требуется изготовление образцов определённых конфигураций и размеров. Однако практика показывает значительную вариативность размеров образцов в зависимости от толщины и типа материала, что создаёт необходимость оперативного и корректного проектирования множества вариантов образцов. Пропорциональные плоские образцы широко применяются для испытания тонколистовых материалов на растяжение. В российском стандарте ГОСТ 11701-84 регламентированы два типа пропорциональных плоских образцов с пятью размерными вариантами для каждого типа. Ручное проектирование каждого варианта при изменении толщины и других параметров трудоёмко и чревато ошибками. Целью данной работы является автоматизация процесса проектирования плоских пропорциональных образцов типа 1 с использованием параметрического моделирования в системе Siemens NX, что позволит автоматически формировать контур образца для заданной толщины материала и ускорить процесс подготовки чертежей и изготовления образцов.

Ход работы

В авиастроении широко используются листовые материалы, из них производятся нервюры крыльев, корпусы компрессоров и приборов, наконечники патрубков и др. ответственные детали. Тонколистовые материалы с толщиной до 3 мм испытывают по ГОСТ 11701-84. Данный стандарт регламентирует два типа пропорциональных плоских образцов и по 5 размерных вариантов для каждого типа. В данной работе рассматривался процесс автоматизации проектирования для плоского пропорционального образца типа 1. В качестве средства автоматизации проектирования была выбрана система Siemens PLM Software, а конкретно ее CAD модуль – NX. Выбор данной системы обусловлен тем, что эта система является лидером на мировом рынке среди PLM-систем, а также широко используется на авиастроительных производствах. Ciemens NX предоставляет мощные средства для параметрического моделирования, включая инструменты создания выражений (Expressions), отношений (Relations) и параметрических эскизов (Sketches). Эти возможности позволяют создавать модели, которые автоматически пересчитываются при изменении входных параметров. Кроме того, NX поддерживает интеграцию с базами данных, что позволяет хранить и управ-

лять параметрами образцов в структурированном виде. Была разработана модель, позволяющая в автоматическом режиме строить контур образца в зависимости от толщины испытываемого материала. При заполнении базы данных (рис. 1) были использованы следующие математические зависимости:

$$b_0 = 12{,}5 \text{ при } a \leq 1{,}7, \quad (1)$$

$$b_0 = 20 \text{ при } 1{,}7 < a \leq 3, \quad (2)$$

где b_0 – ширина шейки образца; a – толщина листового материала.

Длина образца рассчитывалась как:

$$l_0 = 25 * \sqrt{a_0 * b_0 - a_0^2}, \quad (3)$$

$$L = 25 * \sqrt{a_0 * b_0 - a_0^2} + 2b_0 + 2(h + h_1), \quad (4)$$

где l_0 – начальная расчетная длина образца; L – полная длина образца; h –длина шейки для зажима образца в испытательной машине; h_1 – длина галтели образца.

	Имя	Формула	Значение	Едини	Размерн	Тип	Источник
1	Группа по ...						
2				...	Дли...	...	
3	p3	0	0		Безра...	Число	
4	p3'0	0	0		Безра...	Число	
5	p4	0	0		Безра...	Число	
6	p4'0	0	0		Безра...	Число	
7	p5	0	0		Безра...	Число	
8	p5'0	0	0		Безра...	Число	
9	p6'0	40	40	mm	Длина	Число	(SKETCH_0
10	p7'0	15	15	mm	Длина	Число	(SKETCH_0
11	p8'0	1	1	mm	Длина	Число	(SKETCH_0
12	p9'0	if (p8'0>1.7) 20 else 12.5	12.5	mm	Длина	Число	(SKETCH_0
13	p10'0	if (p8'0>1.7) 30 else 20	20	mm	Длина	Число	(SKETCH_0
14	p11'0	25*(sqrt(p8'0*p9'0-0.18*p8'0*p8'0))+2*p10'0+2*(p6'0+p7'0)	237.7496439	mm	Длина	Число	(SKETCH_0
15	p12'0	(25*(sqrt(p8'0*p9'0-0.18*p8'0*p8'0))+2*p10'0)/2-p9'0	51.37482194	mm	Длина	Число	(SKETCH_0

Рис. 1. База данных

Далее, по известным зависимостям, с использованием параметрического моделирования (рис. 2) был построен контур образца (рис. 3).

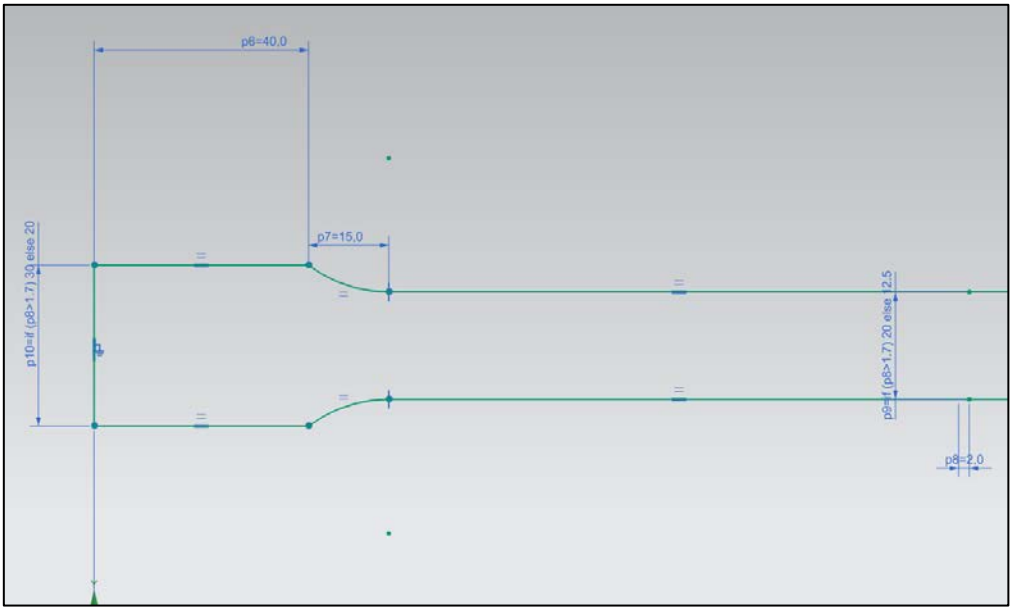


Рис. 2. Параметрическое моделирование

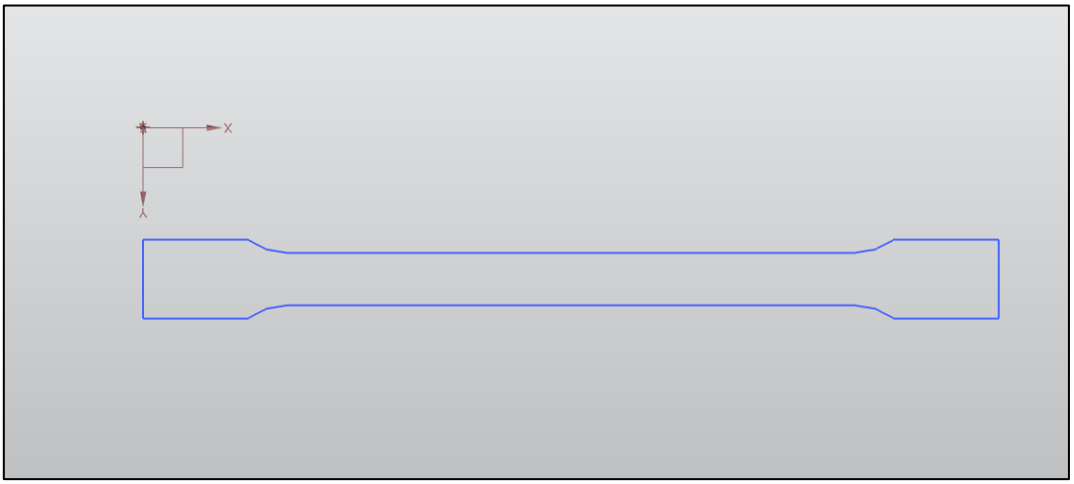


Рис. 3. Контур образца

Выводы

В результате проделанной работы была создана база данных в среде Siemens NX, на основе которой разработана параметрическая модель пропорционального плоского образца для испытаний тонколистовых металлов на растяжение. Данная работа направлена на автоматизацию процесса проектирования образцов, вследствие чего сокращается время, а вместе с тем и трудоемкость, при выполнении работ по проектированию пропорциональных плоских образцов для испытаний тонколистовых металлов на растяжение. Разработанная параметрическая модель обеспечивает следующие преимущества: Автоматическая генерация контура образца при вводе только толщины материала, что исключает необходимость ручного расчёта размеров и черчения. Снижение вероятности ошибок, связанных с ручной подстановкой значений и черчением, что повышает надёжность испытаний и качество входного контроля. Быстрое переключение между размерными вариантами через изменение входного параметра, что позволяет оперативно изготавливать образцы различных конфигураций. Автоматическая генерация чертежа с проставленными размерами и техническими требованиями, что ускоряет переход от проектирования к производству. Интеграция с PLM-системами, что позволяет использовать модель в корпоративных процессах управления данными и документацией. Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанной модели на авиастроительных и машиностроительных предприятиях для автоматизации входного контроля материалов. Внедрение параметрической модели позволит сократить время подготовки образцов на 60–80 % и уменьшить трудозатраты при проектировании, что особенно важно для предприятий с массовым производством. В дальнейшем модель может быть расширена за счёт: добавления поддержки образцов типа 2 и других размерных вариантов стандарта; реализации пакетной генерации чертежей для большого набора образцов; интеграции с системами CAM для автоматического формирования программ механической обработки образцов; разработки макросов на языке Python или C# для автоматизации ввода параметров, валидации и массового экспорта в нужные форматы (DXF, STEP, DWG). Таким образом, разработанная параметрическая модель является эффективным инструментом для автоматизации проектирования образцов на растяжение и может стать основой для создания более сложных систем автоматизированного входного контроля материалов на предприятиях авиационной и машиностроительной отрасли.

Список литературы

1. ГОСТ 11701-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент. Дата введения: 01.01.1986 – Изд. официальное. – Москва: 1985. – 15 с.

2. Меркулов, С.С. Современные PLM-системы: обзор / С.С. Меркулов, М.Ю. Куприков // Достижения науки и технологий (ДНиТ-V-2026): сборник научных статей по материалам V Всероссийской (национальной) научной конференции, Красноярск, 26–27 февраля 2026 года. – Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники, 2026. – С. 730-737. – DOI 10.47813/dnit.5.2026.4010. – EDN JLJPSD.

Азимова А.В., Баранова Д.А., Донцова Т.Н., Сазонов А.М.,
Соколов А.И., Фролова Л.В., Сорокин Н.С.
студенты,
nazeall@yandex.ru
Научные руководители: ***Чуликова Ж.Е.***
заведующая кафедрой,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна
Овчинников В.В.
д.т.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ПРОБЛЕМЫ ОКОНЧАТЕЛЬНОЙ СБОРКИ В СОВРЕМЕННОМ АВИАСТРОЕНИИ

Аннотация. В статье рассматриваются проблемы окончательной сборки в российском авиастроении по состоянию на март 2026 года на примере программ МС-21, Ил-114-300, SJ-100 и Ту-214. Ключевые проблемы включают задержки поставок ПКИ, увеличение массы самолётов из-за импортозамещения, ограниченные производственные мощности и проблемы управления проектами. В статье описываются решения, такие как замена иностранных систем, внедрение цифровых двойников и PLM-систем, модернизация сборочных линий и ускоренная подготовка кадров. Дан прогноз на 2026 год. Успех в окончательной сборке назван ключевым индикатором конкурентоспособности отрасли.

Ключевые слова: окончательная сборка; авиастроение; импортозамещение; МС-21; сертификация; производственные мощности; лётно-технические характеристики.

Авиастроительная отрасль по праву считается одной из самых сложных и высокотехнологичных отраслей промышленности. Она требует исключительной точности, строжайшего соблюдения стандартов качества и высочайшей надёжности каждого элемента конструкции. Особое место в производственном цикле занимает окончательная сборка самолёта – этап, на котором происходит интеграция всех основных узлов и систем: от фюзеляжа и крыла до двигателей, авионики, гидравлики, электроники и интерьера.

Именно на этом финальном этапе в значительной степени определяется безопасность будущих полётов, надёжность всей машины и экономическая эффективность проекта в целом.

Основные вызовы и проблемы этапа окончательной сборки

1. Высочайшая сложность интеграции комплектующих покупных модулей (ПКМ).

Окончательная сборка – это процесс сверхточной «стыковки» тысяч компонентов, поставляемых десятками, а иногда и сотнями предприятий-смежников. Особенно остро эта проблема проявляется в крупных российских проектах: Ил-114-300, SSJ-100 (Superjet), МС-21.

Компоненты изготавливаются в разных регионах страны, а нередко и за рубежом. Даже небольшое отклонение одного элемента от чертежа или несоответствие допусков может привести к многомесячным задержкам, дополнительным доработкам или серьёзным финансовым потерям.

2. Жёсткие требования к качеству и безопасности.

Любой дефект, обнаруженный на этапе окончательной сборки, потенциально может иметь катастрофические последствия. Поэтому современные самолётостроительные компании вынуждены соблюдать чрезвычайно строгие стандарты (в том числе международные EASA, FAA, а также национальные АП-21, АП-23 и др.).

Для обнаружения и предотвращения скрытых дефектов активно применяются:

- автоматизированные системы неразрушающего контроля
- лазерное сканирование геометрии
- ультразвуковая и рентгеновская дефектоскопия
- системы координатно-измерительных машин (КИМ)

Всё это требует очень дорогого оборудования и высококвалифицированного персонала.

Ограничения производственных мощностей и дефицит покупных комплектующих изделий (ПКИ)

Многие российские авиастроительные заводы сегодня сталкиваются с ситуацией, когда спрос на новые самолёты существенно опережает их реальную производственную способность. Основные «узкие места»:

- дефицит квалифицированных производственных и сборочных кадров
- недостаток современного высокоточного оборудования
- ограниченные мощности по выпуску ПКИ (покупных комплектующих изделий)
- проблемы с масштабированием производства под растущие объёмы

В результате сроки сдачи самолётов сдвигаются, а себестоимость растёт.

Ключевые факторы успеха на современном этапе:

Для минимизации перечисленных проблем ведущие компании делают ставку на несколько направлений:

- Максимальная автоматизация процессов сборки и контроля.
- Внедрение цифровых двойников и систем управления жизненным циклом изделия (PLM).
- Развитие кооперации и локализация критически важных ПКИ.
- Масштабная подготовка и переподготовка кадров (инженеров-сборщиков, контролёров ОТК, технологов).
- Создание новых современных сборочных линий с поточным принципом организации.

Теперь рассмотрим актуальные, на сегодняшний день, проблемы этапа окончательной сборки.

Основные актуальные проблемы этапа окончательной сборки

1. Задержки и несоответствия поставок критически важных ПКИ.

Даже после значительного продвижения импортозамещения остаются «последние» импортные системы (система обледенения, водо-вакуумная система, TCAS, метеолокатор, электроснабжение и др.). Их замена требует пересмотра сборочных чертежей, доработки монтажных мест и повторных испытаний. Это тормозит переход к серийной сборке МС-21 и SJ-100.

2. Увеличение массы и ухудшение лётно-технических характеристик после импорта замещения:

– МС-21 потяжелел примерно на 5,5–6 тонн → сократилась дальность, полезная нагрузка, экономичность.

– Ил-114-300 потерял часть возможностей по эксплуатации с грунтовых ВПП.

Эти отклонения от проектных значений требуют доработок уже на этапе окончательной сборки и лётных испытаний, что удлиняет цикл.

3. Недостаточная отработка и низкий налёт в реальных условиях

Сертификационные испытания идут, но накопленный налёт пока недостаточен для подтверждения надёжности в коммерческой эксплуатации. Отсутствие обширной статистики отказов систем создаёт риски для будущих эксплуататоров.

4. Ограниченные производственные мощности и разрыв между КБ и заводами:

– Иркутский авиазавод собирает одновременно ~20 МС-21, но темпы всё ещё низкие.

– Казанский завод (Ту-214) сталкивается с проблемами поиска подрядчиков на расширение мощностей.

– Общий дефицит квалифицированных кадров, современного станочного парка и отлаженных поточных линий.

5. Системные проблемы управления проектами и сертификации.

Устаревшие или несинхронизированные ГОСТы/ОСТы, разрыв между разработкой и производством, недостаточное финансирование НИОКР приводят к многократным переносам сроков сертификации (МС-21 и SJ-100 – конец 2026 г., Ил-114-300 – начало–I квартал 2026 г.).

Проанализировав данные из таблицы, можно сделать краткий прогноз на 2026 год.

Таблица

Основные направления решения проблем

Проблема	Ключевые меры решения (реализуемые / планируемые в 2026 г.).
Задержки поставок ПКИ	Завершение замены 5–6 оставшихся иностранных систем; параллельная сертификация отечественных аналогов; усиление кооперации внутри ОАК и Ростеха.
Увеличение массы и ухудшение ЛТХ	Доработка конструкции (лёгкие материалы, оптимизация компоновки); уточнение эксплуатационных ограничений; компенсация за счёт двигателей ПД-14 / ПД-8.
Недостаточный налёт и отработка	Интенсивные лётные испытания в разных климатах; создание лётной истории в приближённых к коммерческим условиях; открытая публикация данных надёжности.
Ограниченные мощности заводов	Ввод новых сборочных линий (Иркутск, Казань); закупка отечественных станков с ЧПУ; переход на поточный принцип сборки; ускоренная подготовка кадров.
Системные проблемы управления	Синхронизация стандартов с современными требованиями сертификации; усиление интеграции КБ и серийных заводов; создание цифровых двойников и PLM-систем полного цикла.

Краткий прогноз на 2026 год

- Ил-114-300 – наиболее близок к финишу: сертификационные испытания завершены или близки к завершению → ожидается 3 серийные машины заказчику в 2026 г.
- МС-21-310 → сертификация в конце 2026 г., первые серийные поставки – вероятнее всего 2027 г.
- SJ-100 → аналогично МС-21, зависит от ПД-8 и оставшихся систем.
- Ту-214 → уже сертифицирован, но серийные поставки коммерческим заказчикам стартуют медленно из-за проблем с подрядчиками и масштабированием.

Окончательная сборка сегодня – это не только технический, но и управленческий вызов. Успех зависит от того, насколько быстро удастся закрыть последние «импортные окна», отладить поточное производство и накопить реальную лётную статистику. Только в этом случае ключевые российские программы смогут выйти на устойчивые темпы выпуска и начать реальное замещение иностранного флота.

Заключение

Окончательная сборка самолёта остаётся самым ответственным и сложным этапом авиационного производства. От того, насколько успешно удаётся преодолеть проблемы интеграции, дефицита мощностей, нехватки кадров и жёстких требований к качеству, напрямую зависит будущее всей отечественной гражданской авиации.

Сегодня отрасль находится на развилке: либо удастся в короткие сроки серьёзно нарастить производственные и кадровые возможности, либо сроки реализации ключевых программ (МС-21, Ил-114-300, Ту-214 и др.) будут продолжать сдвигаться, а зависимость от импортных комплектующих сохранится.

Успех в окончательной сборке – это, на сегодняшний день, один из главных индикаторов конкурентоспособности всей российской авиационной промышленности.

Проблемы окончательной сборки в современном российском авиастроении: актуальное состояние и пути решения (март 2026).

Окончательная сборка самолёта остаётся самым сложным и ответственным этапом авиационного производства. Именно здесь происходит интеграция тысяч компонентов, систем и агрегатов, поступающих от множества поставщиков. В 2025–2026 годах российские программы (МС-21-310, Ил-114-300, SJ-100 / SSJ-New, Ту-214) столкнулись с рядом системных трудностей, которые напрямую влияют на темпы и качество окончательной сборки.

Список литературы

1. Живучесть аустенитной стали 08Х18Н10Т при кратковременных нагрузках/ Е.Н. Кузнецов [и др.]. В сборнике: Новые технологии высшей школы = New Technologies in Higher Education. материалы Всероссийской научно-практической конференции. М., 2025. С.544-549.

2. Научно-технический прогресс: информация, технологии, механизм: Монография / Ж.Е. Чуликова [и др.]. Уфа: ООО "Аэтерна", 2025. 256 с.

3. Пути повышения срока эксплуатации нефтеперерабатывающего оборудования / Ж. Е. Чуликова [и др.]. Вестник машиностроения: Инновационное машиностроение, № 1, 2026. 88с.

4. Синтез системы автоматизированного управления пуска, защиты и обслуживания/ Л.А. Сперанский [и др.]. В сборнике: Новые технологии высшей школы = New Technologies in Higher Education. материалы Всероссийской научно-практической конференции. М., 2025. С. 339-344.

5. Снижение трудоемкости технологической подготовки обрабатывающих центров/ Л.А. Сперанский [и др.]. В сборнике: Вестник Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета. сборник научных трудов. М., 2025. С. 208-215.

6. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Идентификация σ-фазы в структуре стали 08Х18Н10Т при длительной выдержке при высокотемпературном нагреве. В сборнике трудов конференции: Научная инициатива: проблемы и перспективы внедрения инновационных решений. Материалы Международной научно-практической конференции. Стерлитамак, 2023. С. 121-128.

7. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Особенности легирования и свойства аустенитной стали 12Х18Н10Т. В сборнике трудов конференции: Наука, техника, педагогика в высшей школе. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 2023. – С. 329-335.

8. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Характеристики упроченной стали 08Х18Н10Т в условиях кратковременных испытаний. В сборнике трудов конференции: СМИС-2025. Технологии управления качеством» international scientific-research conference «SMaC 2025. Quality management technology. Материалы международной научно-технической конференции. Москва, 2025. С. 144-147.

9. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Эволюция структуры стали 08Х18Н10Т при длительной выдержке при высокой температуре. В сборнике трудов конференции: СМИС-2023. Технология управления качеством = SMAC 2023. Quality management technology. Материалы Международной научно-технической конференции = Proceedings of the International Scientific and Technical Conference. Москва, 2023. С. 121-129.

10. Щукин П. В России признали проблемы с характеристиками новых самолетов // Lenta.ru / Известия, 3 июля 2025. URL: https://lenta.ru/news/2026/04/05/soldat-vsu-stali-chasche-nakazyvat-derevyami-pravdy/ (дата обращения: 05.04.2026).

Наумов В.А.
студент,
sir.vadimka45@yandex.ru
Научный руководитель: ***Адылина А.П.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННЫХ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Аннотация. В статье представлен системный анализ традиционных (ручных) и автоматизированных методов поверки средств измерений. Рассмотрены теоретические основы, преимущества и ограничения каждого подхода, проведена количественная оценка эффективности на основе экспериментальных данных. Особое внимание уделено сравнительному ана-

лизу временных затрат, точности измерений, влиянию человеческого фактора и экономической эффективности. Приведены результаты практических исследований автоматизированной поверки осциллографов с использованием ПО METLAB.

Ключевые слова: поверка средств измерений; автоматизация; метрологическое обеспечение; человеческий фактор; точность измерений; METLAB; сравнительный анализ.

В условиях цифровой трансформации промышленности и ужесточения требований к точности измерений проблема выбора оптимального метода поверки средств измерений (СИ) приобретает особую актуальность. Современные метрологические лаборатории сталкиваются с необходимостью обеспечения высокой достоверности результатов при одновременном сокращении временных затрат и минимизации влияния человеческого фактора [1].

Традиционные методы поверки, основанные на ручном выполнении измерительных операций и документировании результатов, исторически являлись основой метрологического обеспечения. Однако рост объема парка СИ, усложнение их функциональности и требования к прослеживаемости измерений создают предпосылки для перехода к автоматизированным решениям [2].

В данном исследовании проведен всесторонний сравнительный анализ традиционных и автоматизированных методов поверки, выявить их сильные и слабые стороны, а также определить области эффективного применения каждого подхода.

Теоретические основы методов поверки

Поверка средств измерений представляет собой совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия СИ метрологическим требованиям [3]. В зависимости от степени участия человека и уровня автоматизации различают:

Традиционные (ручные) методы – предполагают непосредственное выполнение всех операций поверителем: настройка оборудования, снятие показаний, запись результатов в журнал, расчет погрешностей, оформление документации.

Автоматизированные методы – реализуются с использованием программно-аппаратных комплексов, где часть функций (сбор данных, обработка, документирование) выполняется автоматически при контролирующем участии оператора.

Автоматические методы – полностью исключают участие человека в процессе измерений и обработки результатов (применимы ограниченно, преимущественно для конвейерных производств).

Ключевое различие между традиционными и автоматизированными методами заключается в распределении функций между человеком и техническими средствами. В ручном режиме поверитель выступает одновременно как оператор, наблюдатель, регистратор и аналитик. Это создает высокую когнитивную нагрузку и повышает вероятность ошибок на всех этапах [4].

Автоматизированные системы берут на функции сбора данных, их первичной обработки, документирования и частично – анализа. Человек сохраняет за собой контрольные функции и принятие решений в нештатных ситуациях (рисунок 1).

Рис. 1. Распределение функций при различных методах поверки

Сравнительный анализ эффективности методов

Наиболее наглядным показателем эффективности автоматизации является сокращение времени выполнения поверочных процедур. Экспериментальные исследования, проведенные специалистами ГК «Диполь» при поверке цифрового осциллографа Rigol MSO8104A, демонстрируют значительное преимущество автоматизированного подхода [5].

В таблице 1 представлено сравнение продолжительности выполнения отдельных операций согласно методике поверки «Разрсудел 12 Руководство по эксплуатации».

Таблица 1

Сравнение времени выполнения операций поверки осциллографа

Пункт методики	Операция	Ручной метод, мин	Автоматизированный метод, мин	Сокращение времени, %
9.1	Проверка входных напряжений	3	1	66,7
9.2	Проверка напряжений постоянного тока (46 точек)	37	10	73,0
9.3	Измерение смещения (22 точки)	20	5	75,0
9.4	Проверка полосы пропускания	27	8	70,4
9.5	Проверка встроенного генератора	3	1	66,7
ИТОГО	Общее время	90	25	72,2

Как видно из представленных данных, автоматизация позволяет сократить время поверки в среднем в 3,6 раза. Наибольший эффект достигается для многоточечных измерений (проверка напряжений, смещения), где ручной ввод каждого значения и переключение режимов занимают значительное время рисунок 2.

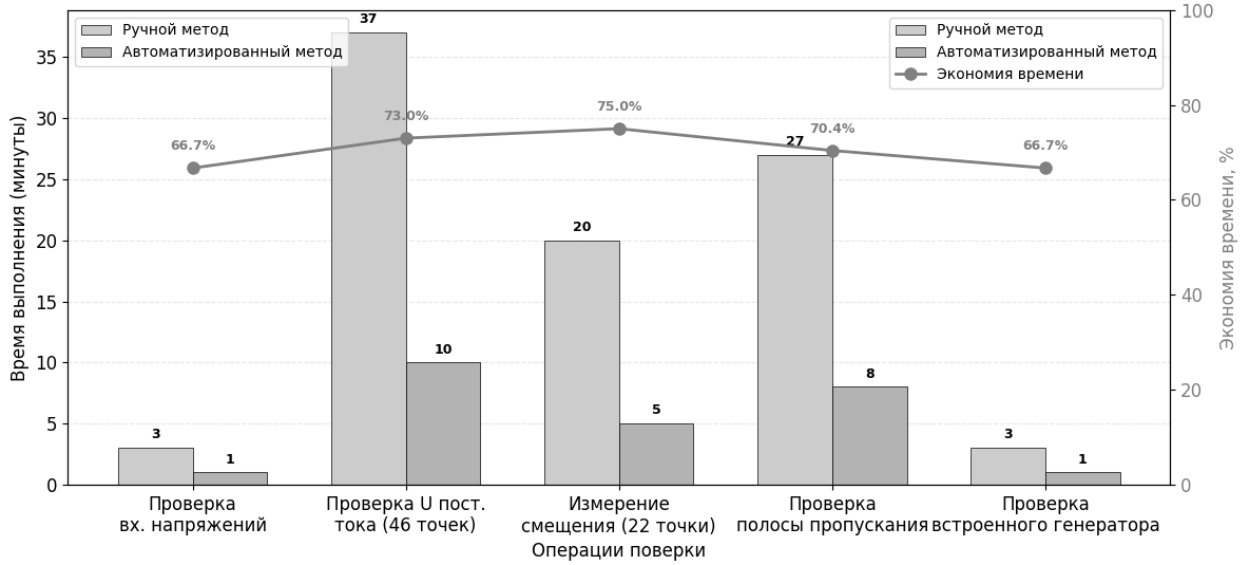


Рис. 2. Диаграмма сравнения продолжительности ручной и автоматизированной поверки

Точность измерений при автоматизации повышается за счет нескольких факторов:

1. **Исключение ошибок считывания** – автоматическая передача данных от эталонного оборудования в систему исключает субъективную интерпретацию показаний оператором.

2. **Стандартизация алгоритмов** – автоматизированные системы выполняют измерения по строго заданным алгоритмам, исключая вариативность, свойственную разным операторам.

3. **Автоматический контроль допусков** – система мгновенно сравнивает полученные значения с нормативными, исключая пропуск несоответствий.

Согласно исследованиям, вероятность ошибки при ручном выполнении многоточечных измерений может достигать 15 % и более, особенно при утомлении оператора или выполнении однообразных операций [6]. Автоматизация снижает этот показатель до уровня, определяемого только метрологическими характеристиками эталонного оборудования (менее 0,1 %).

Человеческий фактор проявляется в нескольких аспектах:

Субъективность оценок – при визуальном контроле осциллограмм, определении момента установления показаний, оценке стабильности.

Утомляемость – снижение внимания при выполнении длительных однообразных операций.

Ошибки коммутации – неправильное подключение измерительных цепей, неверная установка пределов измерений.

Документационные ошибки – опечатки при заполнении протоколов, арифметические ошибки при расчетах.

В таблице 2 представлено сравнение ключевых экономических параметров, демонстрирующее кардинальное различие в структуре затрат и результативности двух подходов.

Таблица 2

Сравнение экономических параметров методов поверки

Параметр	Ручной метод	Автоматизированный метод
Первоначальные инвестиции	Низкие (приобретение эталонов, организация рабочих мест)	Высокие (стоимость ПО, лицензий, интеграция оборудования, обучение персонала)
Операционные затраты	Высокие (фонд оплаты труда, постоянная переподготовка кадров, стоимость бумажного документооборота)	Низкие (обслуживание ПО, плановые обновления, амортизация)
Производительность труда	Базовая (лимитируется физическими возможностями человека)	Рост в 2,5-4 раза (за счет сокращения времени на многоточечные измерения и расчеты)
Риск ошибок и брака	5-15 % (человеческий фактор, утомляемость, ошибки считывания и арифметические просчеты)	Менее 0,5 % (ошибки возможны только на этапе коммутации или исходных данных, исключены ошибки вычислений)
Срок окупаемости	–	12-18 месяцев (достигается за счет экономии на ФОТ и снижения издержек от брака)

При ручной поверке основные статьи расходов носят операционный характер. Наибольший удельный вес в структуре затрат занимает **фонд оплаты труда (ФОТ)** метрологов. Поскольку, как показано в таблице 1, время выполнения одной поверки может достигать 348 минут, трудоемкость процесса остается крайне высокой. Это требует содержания обширного штата высококвалифицированных специалистов.

Кроме того, высокий риск ошибок (до 15 %) ведет к значительным косвенным потерям:

- **Затраты на переоформление:** выявление ошибки в протоколе требует повторного проведения измерений или даже новой поверки, что увеличивает время занятости сотрудника и расход эталонного ресурса.
- **Производственные и репутационные риски:** Репутация компании и качество реального продукта зачастую зависят от, казалось бы, мелочей – например, исправности того самого измерительного прибора. Только кажется, что можно сэкономить, пропустив «чуть-чуть битый» инструмент в производство: подобная экономия выйдет боком. Один дефект-

ный прибор может потащить за собой не просто партию брака, а снежный ком проблем – начиная от материальных потерь (которые в разы превышают затраты на поверку), заканчивая потерей доверия клиентов.

Внедрение автоматизации вместо ручных процедур:

1. **Сокращение трудозатрат и оптимизация затрат на оплату труда.** Благодаря анализу таблицы 1 можно сделать вывод-ручной рутины стало в разы меньше, оптимизация времени и трудозатрат примерно в 3-4 раза. Это позволяет при неизменном объёме работ либо высвободить часть высококвалифицированного персонала для решения более сложных метрологических задач, либо увеличить пропускную способность лаборатории без расширения штата.

2. **Минимизация потерь, обусловленных человеческим фактором.** Согласно представленным в разделе 3 данным, вероятность ошибки при ручном выполнении многоточечных измерений может достигать 15 %, что влечёт за собой дополнительные затраты на переоформление документации, повторные измерения и, в отдельных случаях, выпуск бракованной продукции. Автоматизированные системы снижают указанный риск до уровня менее 0,5 %, практически исключая соответствующие издержки.

3. **Снижение операционных расходов** достигается за счёт автоматизации поверочных процессов. Благодаря внедрению специализированного программного решения, работа с документами почти исключается из повседневных задач сотрудника. Исключается необходимость в приобретении обучающих курсов. Благодаря исключению работы с документами, административный состав занимается непосредственными задачами.

Несмотря на значительные затраты при старте из-за высокой стоимости ПО, необходимости обучения сотрудников в пользовании решения-в долгосрочной перспективе данное решение позволяет заметно увеличить прибыль бизнеса.

1. **Сокращение трудозатрат.** При внедрении программного решения по автоматизации поверки эксперименты показали, что автоматизация позволяет сократить время, необходимое для проведения поверки, примерно в четыре раза. Это открывает перед лабораторией широкие возможности: можно либо повысить производительность и обслуживать большее количество приборов, не увеличивая штат сотрудников, либо перераспределить ресурсы и задействовать квалифицированных специалистов в более сложных и интересных проектах, избавив их от рутины. Экономия на фонде оплаты труда при сохранении объёма работ выступает ключевым фактором, обеспечивающим возврат инвестиций.

2. **Минимизация потерь от брака.** Снижение риска ошибок с 15 % до менее чем 0,5 % практически исключает затраты, связанные с переделками и выпуском некачественной продукции. Система автоматически контролирует допуски и формирует протокол, что гарантирует достоверность результата с первой попытки.

3. **Снижение операционных расходов.** Автоматизация исключает затраты на бумажные носители, канцелярию и печать. Затраты на переподготовку кадров снижаются, так как смена методики поверки требует лишь обновления программной процедуры, а не обучения персонала работе с новыми приборами.

Расчеты показывают, что первоначальные инвестиции в автоматизацию возвращаются в течение 12-18 месяцев преимущественно за счет кратного роста производительности труда метрологов и практически полного устранения финансовых потерь, вызванных человеческим фактором. В долгосрочной перспективе автоматизированный метод демонстрирует не просто техническое, а стратегическое экономическое преимущество.

Практическое применение автоматизированной поверки в условиях реального производства

Современные автоматизированные системы поверки представляют собой сложные программно-аппаратные комплексы, архитектура которых подчиняется единым принципам, реализованным в таких продуктах, как METLAB (Россия/США), Fluke Met/Cal (США), Beamex CMX (Финляндия) и других.

Аппаратный уровень предполагает интеграцию эталонного и вспомогательного оборудования в единую измерительную сеть. Ключевым требованием здесь является наличие у приборов цифровых интерфейсов связи: GPIB (интерфейс общего назначения), USB, Ethernet

(LXI) или RS-232. Это позволяет организовать двунаправленный обмен данными между управляющим компьютером и средствами поверки.

Программный уровень реализует следующие базовые функции:

• **Управление оборудованием** посредством SCPI-команд (Standard Commands for Programmable Instruments). Программа отправляет команды на установку режимов, генерацию тестовых сигналов и считывание результатов, полностью имитируя действия поверителя, но с большей скоростью и точностью.

• **Редактор процедур поверки** – инструмент, позволяющий метрологу описывать последовательность операций в соответствии с утвержденной методикой. Созданная процедура может использоваться многократно, что обеспечивает единство подходов и воспроизводимость результатов.

• **Автоматическое формирование отчетной документации**. По завершении измерений система генерирует протокол поверки и, при положительном результате, свидетельство, что исключает ручной набор данных и связанные с этим ошибки.

Автоматизация измерительного процесса требует не только технической реализации команд управления, но и учета специфических особенностей поверяемого оборудования, которые могут влиять на достоверность результатов.

Учет режимов работы прибора. Многие современные средства измерений имеют многовариантные режимы конфигурации. Например, осциллографы серии MSO8000 позволяют выбирать входное сопротивление 50 Ом или 1 МОм в зависимости от характера измеряемого сигнала. Автоматизированная система должна корректно обрабатывать такие особенности: последовательно устанавливать оба режима, выполнять для каждого полный цикл измерений и фиксировать результаты в соответствующих разделах протокола. Ручное выполнение такой операции сопряжено с риском пропуска одного из режимов или ошибочной идентификации результатов.

Временные параметры измерений. При автоматизации важно корректно задавать временные задержки, необходимые для установления показаний прибора (времени сеттлинга) или завершения переходных процессов. В ручном режиме поверитель интуитивно ожидает стабилизации показаний; в автоматизированном – эти задержки должны быть явно прописаны в процедуре, чтобы избежать считывания недостоверных данных.

Обработка визуально контролируемых параметров. Обработка параметров, контролируемых визуально, представляет определённые сложности для автоматизации; к таким операциям относятся, например, проверка отсутствия искажений формы сигнала и оценка качества работы органов управления. В системах, подобных METLAB, эти этапы реализуются посредством диалоговых окон с чек-листами, где оператор подтверждает наблюдаемый визуально результат, после чего система продолжает выполнение процедуры. Главное отличие автоматизированных систем поверки от простой регистрации данных заключается в их способности интегрироваться в единое информационное пространство предприятия. Взаимодействие с корпоративными системами, такими как ERP (планирование ресурсов), MES (производственные исполнительные системы) и LIMS (лабораторные информационные системы), способствует достижению новых уровней эффективности.

Автоматизация планирования основывается на данных производственных графиков, получаемых из MES или ERP; система способна формировать план-график поверок с учётом сроков следующей поверки каждого средства измерения и текущей загрузки лаборатории. Такой подход позволяет избежать простоев оборудования, вызванных просроченными поверками.

Ведение единой базы данных средств измерений организуется путём автоматической записи результатов каждой поверки в электронный паспорт прибора. Формируется полная история, включающая даты поверок, выявленные неисправности и динамику изменений погрешностей, что обеспечивает возможность анализа стабильности работы оборудования и прогнозирования потенциальных отказов.

Обеспечение прослеживаемости достигается благодаря интеграции с LIMS, что способствует выполнению требований стандарта ISO 17025, определяющего компетентность испытательных и калибровочных лабораторий. Система фиксирует всю цепочку измерений –

от первичного эталона до конечного результата, включая сведения об используемом оборудовании, применяемых методиках и операторах.

Технические требования и функциональные возможности автоматизированных систем поверки представлены в таблице 3.

Таблица 3

Технические требования и функциональные возможности автоматизированных систем поверки

Компонент системы	Технические требования	Реализуемые функции
Аппаратное обеспечение	Наличие цифровых интерфейсов (GPIB, USB, Ethernet, RS-232) у эталонного и поверяемого оборудования; управляющий компьютер с соответствующими драйверами	Физическое соединение приборов в измерительную сеть; обеспечение канала передачи данных и управляющих команд
Программное обеспечение	Поддержка SCPI-команд; наличие редактора процедур; совместимость с ОС Windows/Linux; поддержка драйверов VXI-11	Управление приборами; автоматическое считывание показаний; выполнение расчетов; логирование результатов
Метрологическое обеспечение	Наличие формализованных методик поверки; аттестованные эталоны; прослеживаемость к государственным первичным эталонам	Реализация алгоритмов поверки в соответствии с утвержденной документацией; обеспечение требуемой точности измерений
Интеграционный модуль	Поддержка протоколов обмена данными (ODBC, REST API, SOAP); совместимость с форматами обмена (XML, JSON)	Двусторонний обмен данными с ERP/MES/LIMS; синхронизация справочников; передача результатов в корпоративные системы
Подсистема документирования	Шаблоны протоколов и свидетельств в форматах DOCX/PDF; поддержка электронной цифровой подписи	Автоматическая генерация отчетов; сохранение результатов в архиве; печать документов

На основе проведенного анализа сформулированы критерии выбора оптимального метода поверки в таблице 4.

Таблица 4

Критерии выбора метода поверки

Условия	Рекомендуемый метод	Обоснование
Единичные поверки уникальных СИ	Ручной	Гибкость, возможность адаптации под особенности
Мелкосерийные поверки (до 10 приборов в месяц)	Ручной или частично автоматизированный	Низкая загрузка не окупает автоматизацию
Серийные поверки однотипных приборов	Автоматизированный	Максимальный эффект от автоматизации
Крупные метрологические центры (>100 приборов/мес)	Полностью автоматизированный	Высокая пропускная способность, снижение ошибок
Производственные лаборатории	Автоматизированный с интеграцией в MES	Обеспечение прослеживаемости, оперативный контроль

При выборе метода поверки следует учитывать:

- **Наличие утвержденных методик поверки** – автоматизация возможна только при наличии формализованных процедур.
- **Тип поверяемых приборов** – цифровые приборы с интерфейсами легче автоматизируются, аналоговые требуют визуального контроля.

• **Квалификацию персонала** – автоматизация снижает требования к квалификации при выполнении рутинных операций, но повышает требования к пониманию процессов.

Заключение

Проведенный сравнительный анализ позволяет сделать вывод о преимуществе автоматизированных методов поверки перед традиционными, что выражается в следующем:

1. **Сокращение временных затрат.** Автоматизированные методы поверки обеспечивают сокращение временных затрат в 2,5-4 раза по сравнению с ручными, что подтверждено экспериментальными данными для различных типов средств измерений. Наибольший эффект достигается при выполнении многоточечных измерений, где ручной ввод данных и переключение режимов занимают значительное время.

2. **Повышение точности и достоверности.** Точность и достоверность результатов при автоматизации повышаются за счет исключения субъективных ошибок считывания показаний, стандартизации алгоритмов измерений и автоматического контроля допусков. Риск метрологических отказов и ошибок персонала снижается с 5-15 % при ручном методе до уровня менее 0,5 %.

3. **Экономическая эффективность.** Экономическая эффективность автоматизации достигается за счет роста производительности труда метрологов, снижения затрат на переоформление документов и минимизации риска выпуска некачественной продукции. Несмотря на значительные первоначальные инвестиции, срок окупаемости автоматизированных систем составляет 12-18 месяцев.

4. **Дифференцированный подход к выбору метода.** Выбор метода поверки должен определяться конкретными условиями: объемом поверяемых средств измерений, их типом, требованиями к прослеживаемости и экономическими возможностями предприятия. Для единичных поверок уникальных приборов целесообразно сохранение ручных методов, тогда как для серийных поверок однотипных средств измерений автоматизация является наиболее эффективным решением.

5. **Перспективы развития.** Дальнейшее развитие автоматизации поверочной деятельности связано с внедрением передовых цифровых технологий. Можно выделить следующие направления развития:

– **Применение интеллектуальных технологий.** Алгоритмы анализируют накопленные данные о работе прибора: какие параметры отклоняются при разных условиях, где случаются небольшие отклонения или, наоборот, всё идёт штатно месяцами.

– **Использование облачных технологий.** Появляется возможность в удобном хранении результатов поверки. Эта система позволяет стандартизировать метрологические базы данных, что минимизирует риск проведения повторной или ошибочной поверки.

– **Интеграция с промышленным интернетом вещей.** Становится возможным постоянно отслеживать состояние измерительных приборов и получать необходимую информацию от него в реальном времени. Благодаря интеграции с IIOT возможно реализовать предиктивное метрологическое обслуживание [10].

Внедрение автоматизированных методов поверки – это не просто шаг к модернизации технологий или избавление от рутинной работы. Такое направление развития метрологического обеспечения неразрывно связано с процессом цифровизации экономики. Благодаря автоматизации удаётся существенно улучшить качество измерений – повысить их точность, надёжность и эффективность. Это, в свою очередь, открывает возможности для разработки интеллектуальных систем контроля качества и включения метрологических процессов в экосистему «Индустрии 4.0».

Подразделения, которые инвестируют в автоматизацию метрологических процессов, получают не только финансовую выгоду, но и закладывают фундамент для будущего развития. Они готовятся к появлению метрологии нового уровня, где измерительные системы будут органично встроены в адаптивные и самонастраивающиеся производственные комплексы.

Список литературы

1. Захаров В.А., Волегов А.С. Метрологическое обеспечение измерительных систем: учебное пособие. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2018. – 168 с.

2. Кирянов А.А., Кузьмин М.И. Актуальные задачи метрологического обеспечения в нефтегазовой отрасли // Нефтяное хозяйство. – 2022. – № 4. – С. 54-59. DOI: 10.24887/0028-2448-2022-4-54-59

3. Кондратьев А., Овчинников А. Действовать на автомате // Официальный сайт ГК «Диполь». – 2025. – URL: https://rigol-rus.com/knowledgebase/articles/deystvovat-na-avtomate/ (дата обращения 08.04.2026)

4. Осциллограф цифровой MSO 8104A. Руководство по эксплуатации. Раздел 12 «Поверка прибора». – Согласовано с ФГУ «Ростест-Москва 15 июля 2006 г.

5. Обеспечение точности показаний цифровых измерительных приборов // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 3. – URL: http://www.ivdon.ru (дата обращения 08.04.2026)

6. Сулаберидзе В.Ш., Чуновкина А.Г., Пронин А.Н., Неклюдова А.А., Томский К.А. Тенденции развития метрологического обеспечения измерительных систем с учетом усложнения их функциональности // Эталоны. Стандартные образцы. – 2025. – Т. 21, № 4. – С. 124-138.

7. Цифровая трансформация и оптические стандарты времени – направления будущего развития мировой метрологии // Официальный сайт Росстандарта. – 2022. – URL: https://www.rst.gov.ru (дата обращения 08.04.2026)

8. Ekici S.K. Manual vs. Automated Inspection: Striking the Right Balance for Quality and Throughput // NRM Engineering. – 2025. – URL: https://nrmmuhendislik.com.tr/en/manual-vs-automated-inspection (дата обращения 08.04.2026)

9. Vedurmudi A.P. et al. Automation in sensor network metrology: An overview of methods and their implementations // Measurement: Sensors. – 2025. – Vol. 38

10. Manual vs. Automated Calibration Systems: ROI Analysis // Patsnap Eureka. – 2025. – URL: https://eureka.patsnap.com/article/manual-calibration-vs-automated-calibration-systems-roi-analysis (дата обращения 08.04.2026)

11. Глухов С.І., Сакович Л.М., Семеха С.М. Пропозиції щодо створення автоматизованої системи метрологічного забезпечення радіоелектронних засобів // Information Systems and Technology: Results and Prospects. – 2025. – С. 309-311.

Кузнецов Е.Н.
студент
Научный руководитель: ***Чуликова Ж.Е.***
старший преподаватель,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна
683945@bk.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГОЛОВКИ ПОРШНЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. В статье решена задача повышения достоверности контроля геометрических параметров сложных деталей двигателестроения. На примере головки поршня дизеля предложена методика, объединяющая координатные измерения, метрологию и математическое моделирование. Разработаны алгоритмы оценки биения, перпендикулярности, соосности и сложных профилей. Из-за отсутствия доступа к КИМ создано ПО на Python для верификации. Валидация на синтезированных данных с известными погрешностями показала точность менее 2 %. Подход создает основу для цифровых двойников процессов контроля и их интеграции с КИМ. Определены зоны ответственности за погрешности на технологических переходах.

Ключевые слова: головка поршня, координатно-измерительная машина (КИМ), геометрические допуски, контроль биения, Python, цифровой двойник, статистический анализ процесса (SPC).

Введение

Современное двигателестроение характеризуется не только ужесточением допусков на изготовление деталей, но и переходом к цифровым технологиям жизненного цикла изделия (Product Lifecycle Management, PLM). В этой парадигме контроль качества трансформируется из финальной инспекции в интегрированный процесс непрерывного сбора и анализа геометрических данных, обеспечивающий обратную связь для управления технологическим процессом [10].

Головка поршня дизельного двигателя является одним из наиболее нагруженных компонентов, работающим в условиях экстремальных термических, механических и химических нагрузок [11]. Её работоспособность и долговечность определяются не только точностью размеров в узких полях допусков, но и строгим соблюдением комплексных геометрических параметров: биения, перпендикулярности, соосности и формы сложных профилей [7]. Отклонения по этим параметрам напрямую влияют на герметичность камеры сгорания, расход масла на угар, эффективность теплоотвода и, в конечном итоге, на мощность, экономичность и экологические показатели двигателя.

Особенностью контроля таких деталей является наличие сложных криволинейных поверхностей (днище камеры сгорания, профили канавок под поршневые кольца, внутренние полости масляного охлаждения), которые не могут быть объективно и полно оценены традиционными методами с использованием универсального измерительного инструмента (микрометров, нутромеров, индикаторов) [2]. Координатно-измерительные машины (КИМ) позволяют решить эту проблему, обеспечивая полное геометрическое описание детали в единой системе координат [9]. Однако разработка эффективной, воспроизводимой и экономически оправданной методики контроля для КИМ остается нетривиальной задачей, требующей системного подхода к базированию, планированию измерительных стратегий, математической обработке данных и статистическому анализу.

Целью данной работы является разработка и верификация универсальной методики контроля геометрии головки поршня, адаптируемой для различных исполнений, с использованием математического моделирования измерительных процессов в среде Python. Для достижения цели решались следующие задачи: классификация контролируемых параметров по функциональному признаку, разработка универсальной системы базирования, создание алгоритмов математической обработки данных для оценки геометрических допусков, программная реализация алгоритмов и их верификация на синтезированных данных.

1 Теоретические аспекты координатного контроля сложных поверхностей

1.1. Принципы геометрического продуктоопределения (GPS) в двигателестроении

Современные стандарты серии ISO/GPS [8] формируют новый подход к заданию и контролю геометрии изделий. Согласно этим принципам, деталь рассматривается как совокупность признаков – идеализированных геометрических элементов (плоскость, цилиндр, конус, сфера и т.д.). Контроль заключается в сравнении выполненного признака, полученного в результате измерения множества точек на реальной поверхности, с заданным признаком, определенным на чертеже.

Для головки поршня это означает, что такие сложные поверхности, как профиль канавки или днища, не контролируются по единичным размерам, а оцениваются как единое целое на соответствие заданному контуру, часто с применением непрерывного сканирования.

1.2. Математические основы аппроксимации геометрических элементов

КИМ не измеряет геометрические элементы напрямую, а получает множество дискретных точек на их поверхности. Далее применяются математические методы аппроксимации для построения выполненного признака. Выделяют следующие методы аппроксимации:

- Метод наименьших квадратов (МНК). Этот метод наиболее распространен для аппроксимации плоскостей, цилиндров, конусов. МНК-алгоритм находит такой элемент, для которого сумма квадратов отклонений всех измеренных точек от его поверхности минимальна [12]:

$$\min\Sigma[w_i \times (R_i - R_{nom\,i})^2], \quad (1)$$

где w_i – весовой коэффициент i-й точки; R_i – измеренное значение; R_{nomi} – номинальное значение.

Недостатком такого метода является то, что МНК-элемент «усредняет» погрешности, что может маскировать локальные дефекты.

- Альтернативные методы (Минимальная зона). Для контроля наихудшего случая, что строже соответствует философии геометрических допусков, применяются алгоритмы, находящие элементы с минимальной зоной (например, цилиндр минимального диаметра, охватывающий все точки). Эти методы вычислительно сложнее, но дают более точную оценку пригодности детали в сборке.

1.3. Теория погрешностей и неопределенность измерений на КИМ

Любое измерение на КИМ сопровождается погрешностью, которая суммируется из нескольких составляющих [5]:

$$\Delta_{\text{общ.}} = \sqrt{(\Delta_{\text{КИМ}}^2 + \Delta_{\text{баз}}^2 + \Delta_{\text{тепл}}^2 + \Delta_{\text{зонд}}^2 + \Delta_{\text{страт}}^2,} \quad (2)$$

где: $\Delta_{\text{КИМ}}$ – погрешность позиционирования самой машины;

$\Delta_{\text{баз}}$ – погрешность базирования (несовпадение конструкторских и измерительных баз);

$\Delta_{\text{тепл}}$ – температурная погрешность (разность коэффициентов расширения детали и КИМ, градиенты температуры);

$\Delta_{\text{зонд}}$ – погрешность зондирования (деформация щупа, ошибка срабатывания);

$\Delta_{\text{страт}}$ – погрешность стратегии измерений (недостаточное количество точек, их неудачное расположение).

Корректная методика должна минимизировать общую неопределенность (U) за счет оптимизации стратегии измерений, учета температурных эффектов и правильного выбора базирования.

2. Разработка универсальной методики контроля головки поршня

2.1. Анализ объекта контроля и классификация параметров

В качестве объекта исследования рассмотрена головка поршня дизельного двигателя, изготовленная из легированной стали 20Х3МВФ методом горячей штамповки на ГКМ с последующей механической обработкой. Исходная заготовка – круглый прокат, что обуславливает наличие первоначального эксцентриситета. Требуемая твердость 269…331 HB обеспечивает необходимую прочность и износостойкость.

Для проведения исследований была разработана универсальная классификация контролируемых параметров, применимая к большинству аналогичных деталей:

Категория А (Критические функциональные параметры):

- Биение наружных цилиндрических и конических поверхностей относительно базовой оси. Влияет на равномерность зазора в цилиндре, распределение нагрузок и расход масла;
- Перпендикулярность опорного торца. Определяет правильность прилегания всей поршневой группы, влияет на герметичность и износ;
- Соосность канавок под поршневые кольца. Несоосность приводит к перекосу и заклинению колец, нарушению герметичности.
- Диаметры и геометрия канавок под поршневые кольца. Критичны для обеспечения заданного теплового зазора и эффективности работы маслосъемных колец;
- Посадочный диаметр под поршневой палец. Определяет характер сопряжения и распределение нагрузки в поршневой группе.

Категория В (Параметры сложных профилей и систем обеспечения):

- Форма и точность внутренней полости (полости охлаждения), представляющей собой комбинацию конических и сферических поверхностей. Определяет эффективность отвода тепла и прочностные характеристики.
- Радиусы переходов между функциональными зонами. Концентраторы напряжений, требующие контроля для предотвращения усталостных разрушений.
- Расположение и диаметры масляных каналов. Обеспечивают подачу масла для охлаждения и смазки.

2.2. Универсальная система базирования

Теоретической основой методики является принцип шести точек, обеспечивающий полное лишение степеней свободы детали [6]. Для головки поршня предложена следующая универсальная схема базирования на КИМ, адекватная ее работе в двигателе:

База A (установочная) – опорный торец (нижняя плоскость головки). Лишает трех степеней свободы – перемещения вдоль оси Z, поворотов вокруг осей X и Y (RX, RY).

База B (направляющая) – основное цилиндрическое отверстие (посадочное под поршневой палец). Лишает двух степеней свободы – перемещений вдоль осей X и Y.

База C (опорная) – конструктивный элемент (например, метка, паз или вспомогательное отверстие), фиксирующий угловое положение. Лишает одной степени свободы: поворота вокруг оси Z (RZ).

Математическое преобразование координат из системы КИМ (X_m, Y_m, Z_m) в систему детали (X_d, Y_d, Z_d) выполняется по формуле:

$$[X_d, Y_d, Z_d]^T = [R(\alpha, \beta, \gamma)] \times [X_m, Y_m, Z_m]^T + [T_x, T_y, T_z]^T, \quad (3)$$

где [R] – матрица поворота, определяемая по базам B и C, а [T] – вектор переноса, определяемый по базе A.

2.3. Последовательность контроля и измерительные стратегии

Методика включает следующие этапы:

1) Подготовка (Оффлайн-этап):

- Создание виртуальной измерительной модели. На основе CAD-модели детали в ПО КИМ создается ее цифровой двойник, в который импортируются все требования чертежа в соответствии со стандартами GD&T;

- Планирование измерительных стратегий. Для каждого типа поверхностей определяется оптимальное количество точек, их расположение и метод измерения (дискретный/сканирование):

- Цилиндрические поверхности – не менее 8 точек в 2-3 сечениях для оценки диаметра, овальности и конусности.
- Плоскости – равномерная сетка точек для построения плоскости и оценки ее плоскостности.
- Сложные профили (днище, канавки) – непрерывное сканирование для получения плотного облака точек.

- Разработка управляющей программы для КИМ.

2) Базирование и контроль базовых поверхностей:

- Реализация запрограммированного цикла измерения базовых поверхностей (A, B, C);

- Построение связанной с деталью системы координат;

- Контроль самих базовых элементов на соответствие их допускам (перпендикулярность торца, цилиндричность базового отверстия).

3) Контроль функциональных параметров (в одной установке):

- Оценка биения. Многоточечное измерение контролируемых поверхностей с последующим расчетом радиального биения как размаха расстояний от точек поверхности до базовой оси.

- Оценка перпендикулярности. Измерение плоскости опорного торца и расчет отклонения ее нормали от базовой оси. Результат может быть, как в угловых единицах, так и в линейной мере на характерном диаметре.

- Оценка соосности. Определение положения осей различных цилиндрических элементов (канавок) и расчет максимального расстояния между ними.

- Контроль сложных профилей. Сканирование и последующее сопоставление полученного облака точек с математической моделью (CAD-моделью) с построением цветовой карты отклонений.

4) Анализ данных и формирование отчета:

- Статистическая обработка результатов для партии деталей;

- Расчет индексов воспроизводимости технологического процесса Cpk и Ppk;

- Визуализация результатов – полярные диаграммы биения, карты отклонений, 3D-модели с наложением полей отклонений;

- Формирование протокола контроля.

3. Программная реализация и верификация алгоритмов

В условиях отсутствия доступа к промышленной КИМ на этапе исследования для апробации методики был разработан специализированный программный комплекс на языке Python.

3.1. Архитектура и функциональность программного комплекса

Программа служит математическим симулятором и верификатором алгоритмов контроля, реализующим ключевые функции обработки данных, которые обычно выполняются ПО КИМ. Комплекс включает следующие модули:

- **Модуль генерации данных.** Создание синтезированных облаков точек, моделирующих идеальную геометрию (цилиндры, плоскости, конусы) и вносимые систематические и случайные отклонения.

- **Модуль математической обработки**. Реализация алгоритмов аппроксимации геометрических элементов методом наименьших квадратов.

- **Модуль анализа допусков.** Вычисление контролируемых параметров (биение, перпендикулярность, соосность) на основе аппроксимированных элементов.

- **Модуль визуализации.** Построение графиков и диаграмм (полярные диаграммы биения, карты отклонений от перпендикулярности, 3D-визуализация облаков точек).

- **Модуль формирования отчетов**. Генерация структурированного протокола с результатами измерений.

3.2. Верификация алгоритмов на синтезированных данных

Для проверки корректности математических моделей были проведены вычислительные эксперименты. На виртуальные модели контролируемых поверхностей вносились заведомо известные отклонения.

Эксперимент 1: Контроль биения.

Условия – смоделирована цилиндрическая поверхность (аналог наружного диаметра). Внесен систематический эксцентриситет 0,05 мм между осью контролируемого цилиндра и базовой осью.

Алгоритм – аппроксимация базовой оси и контролируемого цилиндра МНК. Расчет расстояний от точек контролируемой поверхности до базовой оси. Определение биения как разности между максимальным и минимальным расстоянием.

Результат – программа показала значение биения 0,099 мм при теоретически ожидаемом 0,100 мм. Погрешность определения составила 1 %.

Эксперимент 2: Контроль перпендикулярности.

Условия – смоделирована плоскость опорного торца. Задан угол наклона ее нормали относительно базовой оси 0,1°.

Алгоритм – аппроксимация плоскости МНК. Расчет вектора нормали. Определение угла между нормалью и базовой осью.

Результат – Программа выявила отклонение 0,0998°. Погрешность составила 0,2 %.

Эксперимент 3: Контроль сложного профиля.

Условия – смоделирован конический профиль внутренней полости. Локально изменен радиус перехода на 0,3 мм.

Алгоритм – непрерывное «сканирование» профиля. Сравнение координат точек с номинальным контуром. Построение карты отклонений.

Результат – программа корректно идентифицировала зону с максимальным отклонением, соответствующую внесенному изменению.

Погрешность определения параметров во всех тестах не превысила 2 %, что подтверждает адекватность и корректность разработанных алгоритмов и математических моделей, лежащих в основе методики.

3.3. Сводный отчёт программы

Программный комплекс формирует структурированный сводный отчет, который включает как количественные результаты измерений, так и качественную визуальную информацию для анализа. Отчет генерируется автоматически по завершении всех измерительных процедур и содержит следующие разделы:

1. Общая информация – идентификационные данные детали (условный номер, тип), дата и время контроля, версия программного обеспечения;

2. Результаты контроля по каждому параметру – табличное представление измеренных значений, отклонений от номинала и соответствия установленным допускам. Ниже представлен пример отчета для одной из тестовых деталей, на основе которой проводилась верификация алгоритмов (Таблица).

Таблица

Пример сводного отчета программы контроля

Контролируемый параметр	Номинальное значение / Ожидаемое отклонение	Измеренное программой значение	Погрешность определения	Статус проверки алгоритма
Биение наружной поверхности (внесен эксцентриситет 0,05 мм)	0,100 мм	0,099 мм	1 %	Корректен
Перпендикулярность торца (внесен наклон 0,1°)	0,100°	0,0998°	0,2 %	Корректен
Сложный профиль (внесено изменение радиуса 0,3 мм)	Локальное отклонение +0,300 мм	Выявлено отклонение в заданной зоне	≤ 2 %	Корректен
Соосность канавок (имитация)	Смещение осей 0,04 мм	0,039 мм	~2 %	Корректен
Диаметр базового отверстия (контроль стабильности)	232,000 мм	232,002 мм	0,001 %	Корректен

Примечание: В реальном производственном отчете вместо «Статуса проверки алгоритма» будет колонка «Соответствие допуску (Годен/Брак)», а номинальные значения и допуски будут взяты из конструкторской документации.

3. Визуализация результатов – отчет содержит ссылки на сохраненные графические файлы, созданные модулем визуализации:

- Полярные диаграммы биения для каждой контролируемой поверхности;
- Цветовые карты отклонений сложных профилей с наложением на номинальный контур;
- 3D-модель детали с выделением зон, где отклонения превышают допуск.

4. Статистический анализ (для партии деталей) – при наличии данных по нескольким деталям программа рассчитывает статистические показатели:

- Среднее значение (μ) и стандартное отклонение (σ) для каждого параметра;
- Индексы воспроизводимости процесса Cpk и Ppk;
- Гистограммы распределения отклонений.

5. Заключение и экспорт данных – на основе анализа всех данных программа формирует итоговое заключение. В рамках верификации это был вывод о корректности математических моделей. При промышленном использовании заключение будет содержать:

- Общий вердикт о годности детали;
- Перечень параметров, не соответствующих требованиям;
- Возможные технологические причины выявленных отклонений (например, «децентровка заготовки» или «износ инструмента»).

Отчет сохраняется в структурированных форматах (JSON, CSV) для возможной интеграции с системами управления качеством (CAQ) или ERP-системами предприятия, а также в виде читаемого PDF-документа для архивации и представления.

4. Результаты и практическая значимость научной работы

Разработанная методика и ее программная реализация демонстрируют ряд ключевых преимуществ и открывают перспективы для внедрения.

Универсальность и адаптивность – методика не привязана к конкретным размерам и может быть адаптирована для широкого класса деталей типа «тела вращения» со сложными поверхностями, используемыми не только в двигателестроении, но и в гидравлике, компрессоростроении и др.

Научная обоснованность – подход базируется на принципах теоретической метрологии (GPS), теории базирования и статистического анализа, что повышает достоверность результатов по сравнению с эмпирическими методами.

Проактивность и снижение затрат – математическое моделирование позволяет на этапе подготовки технологического процесса отработать измерительные стратегии, выбрать оптимальное количество точек, спрогнозировать погрешности и минимизировать риск ошибок при настройке реального контроля, сокращая время переналадки и затраты на брак.

Основа для цифрового двойника и индустрии 4.0 – разработанный программный комплекс является прототипом цифрового двойника измерительного процесса. Накопленные данные (цифровые следы) для партий деталей позволяют:

- Проводить углубленный статистический анализ (SPC) и выявлять тенденции в технологическом процессе;
- Строить регрессионные модели, прогнозирующие влияние геометрических отклонений на эксплуатационные характеристики двигателя;
- Реализовать замкнутый контур управления качеством, когда результаты контроля автоматически вносят корректировки в настройки станков с ЧПУ.

Диагностика технологического процесса – анализ не просто констатирует «годен/не годен», а позволяет провести геометрическую диагностику. Например, характер поля биения (овальность, многоугольность) может указывать на конкретную причину погрешности: децентровка заготовки, биение шпинделя станка, вибрации при обработке.

Ограничением текущего исследования является отсутствие аппаратной валидации на реальной КИМ с физическим образцом детали. Однако успешная верификация алгоритмов на синтезированных данных с известными погрешностями доказывает корректность теоретической и алгоритмической части и позволяет рассматривать данный подход как готовую основу для внедрения в производственных условиях. Следующим логичным шагом является интеграция разработанных алгоритмов с API коммерческого ПО для КИМ или создание специализированного измерительного модуля.

Заключение

В работе была разработана и успешно верифицирована универсальная методика контроля геометрических параметров головки поршня дизельного двигателя. Основным научным результатом является создание системы математических моделей и алгоритмов, реализованных в виде программного комплекса на Python, который показал высокую точность (погрешность < 2 %) в выявлении и количественной оценке смоделированных геометрических отклонений, таких как биение и неперпендикулярность.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенная методология обеспечивает целостный, научно обоснованный цикл – от проектирования измерительного процесса до анализа данных и диагностики технологической системы. Она может служить надежной теоретической и алгоритмической основой для создания автоматизированных, робастных систем контроля на базе КИМ на машиностроительных предприятиях, ориентированных на принципы цифрового производства и Индустрии 4.0.

Перспективным направлением дальнейших исследований является интеграция разработанных алгоритмов с аппаратным комплексом промышленной КИМ, расширение библиотеки моделей для контроля других типов деталей двигателя (коленчатые валы, блоки цилиндров), а также разработка методов активного контроля с обратной связью на технологический процесс.

Список литературы

1. Живучесть аустенитной стали 08Х18Н10Т при кратковременных нагрузках/ Е.Н. Кузнецов [и др.]. В сборнике: Новые технологии высшей школы = New Technologies in Higher Education. материалы Всероссийской научно-практической конференции. М., 2025. С. 544-549.

2. Клюев В.В. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Академия, 2020. 352 с.

3. Синтез системы автоматизированного управления пуска, защиты и обслуживания/ Л.А. Сперанский [и др.]. В сборнике: Новые технологии высшей школы = New Technologies

in Higher Education. материалы Всероссийской научно-практической конференции. М., 2025. С. 339-344.

4. Снижение трудоемкости технологической подготовки обрабатывающих центров/ Л.А. Сперанский [и др.]. В сборнике: Вестник Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета. сборник научных трудов. М., 2025. С. 208-215.

5. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Влияние холодной деформации на физико-механические свойства стали 08Х18Н10Т при кратковременном нагружении // Заготовительные производства в машиностроении, 2025. Т. 23. № 3. С. 138-142.

6. Чуликова Ж.Е., Овчинников В.В. Исследование влияния деформационной наследственности на физико-механические свойства стали 08Х18Н10Т// Электрометаллургия. 2025. № 9. С. 15-23.

7. ISO 1101:2017. Geometrical product specifications (GPS) – Geometrical tolerancing – Tolerances of form, orientation, location and run-out.

8. Henzold G. Geometrical Dimensioning and Tolerancing for Design, Manufacturing and Inspection. Elsevier, 2018.

9. Hocken, R., Pereira, P. Coordinate Measuring Machines and Systems. CRC Press, 2012.

10. Stark, J. Product Lifecycle Management. Springer, 2020.

11. Taylor, C. F. The Internal Combustion Engine in Theory and Practice. MIT Press, 2015.

12. Weckennmann, A., et al. Multisensor Data Fusion in Dimensional Metrology. CIRP Annals, 2009.

Клочков Я.М.
студент,
gluhihyak@gmail.com
Научный руководитель: ***Овчинников В.В.***
д.т.н., профессор,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СПЛАВА AL–CA–ZN–MG ПРИ СОЕДИНЕНИИ ЛИТЫХ И ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЗАГОТОВОК МЕТОДОМ СТП

Аннотация. Исследована сварка трением с перемешиванием сплава Al–5Zn–1,3Mg–1Ca в паре «литое + горячекатаное». Определены режимы, обеспечивающие бездефектный шов. Показано, что прочность соединения равна прочности литой заготовки (коэффициент 0,99–1,0). В отличие от термоупрочняемых сплавов, зона термического влияния не разупрочняется благодаря стабильности эвтектики Al_4Ca. Установлена возможность холодной прокатки сварного узла с сохранением сплошности.

Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием; алюминиево-кальциевые сплавы; литоштампосварные конструкции; механические свойства; микротвердость.

Введение

Создание современных облегчённых конструкций в авиастроении и транспортном машиностроении часто подразумевает интеграцию деталей, изготовленных по разным технологическим переделам: литьём и пластической деформацией. Соединение таких элементов традиционной дуговой сваркой сопряжено с трудностями, вызванными различной структурной чувствительностью к нагреву и склонностью к образованию горячих трещин [1, 2].

Сварка трением с перемешиванием (СТП), являясь твердофазным процессом, позволяет избежать типичных дефектов кристаллизационного происхождения. В последние годы внимание исследователей привлекают сплавы системы Al–Ca–Zn–Mg, сочетающие хорошую

жидкотекучесть с возможностью обработки давлением. Упрочнение в них обеспечивается эвтектическими включениями Al_4Ca, которые демонстрируют высокую термическую стабильность в интервале температур сварочного цикла СТП [3, 4]. Это принципиально отличает их от термически упрочняемых композиций серий 6ххх и 7ххх, склонных к разупрочнению в околошовной зоне [5].

Целью настоящей работы являлось комплексное изучение структуры и механических характеристик стыковых соединений, полученных методом СТП из заготовок сплава Al–Ca–Zn–Mg в литом и горячекатаном состояниях, включая оценку влияния последующей холодной прокатки на свойства узла.

Материалы и методика эксперимента

Исследовался экспериментальный сплав с номинальным составом Al–5 %Zn–1,3 %Mg–1 %Ca (мас. %). Слитки сечением 20×140 мм выплавляли в печи сопротивления при температуре около 850 °С, разливку осуществляли в графитовые изложницы.

Часть литых заготовок подвергалась горячей прокатке на стане ДУО 260 при 450 °С до толщины 5 мм (суммарная степень деформации 75 %). Механические свойства исходных полуфабрикатов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Исходные механические свойства заготовок сплава Al–Ca–Zn–Mg

Состояние материала	***σ_B, МПа***	***$\sigma_{0,2}$, МПа***	***δ, %***
Литое	219–240	176–182	1,7–3,2
Горячекатаное	330–335	275–285	4,3–4,8

Сварку трением с перемешиванием стыковых соединений пластин толщиной 5 мм осуществляли на специализированном стенде. Использовался инструмент из стали Р6М5 с диаметром заплечика 22 мм и коническим стержнем с резьбовой накаткой. Частоту вращения инструмента поддерживали на уровне 800 об/мин, скорость сварки варьировали в диапазоне 85–125 мм/мин. Угол наклона инструмента составлял 2,5°, усилие прижатия – 8,4–9,2 кН. Свариваемые кромки перед процессом подвергали механической зачистке и фрезеровке для удаления оксидной пленки.

Испытания на статическое растяжение проводили на универсальной машине Instron 5980 на плоских образцах по ГОСТ 6996–66. Микротвердость измеряли по Виккерсу с шагом 0,5 мм поперек шва. Металлографические исследования выполняли с использованием оптического и сканирующего электронного микроскопа (Carl Zeiss EVO-50) после травления шлифов в реактиве Келлера.

Результаты и их обсуждение

Влияние параметров режима и расположения заготовок.

Установлено, что стабильное формирование качественного шва без внутренних несплошностей достигается в диапазоне скоростей сварки 95–125 мм/мин. При снижении скорости до 85 мм/мин и ниже фиксировался перегрев материала и образование избыточного грата. Увеличение скорости свыше 125 мм/мин приводило к появлению дефектов в виде непровара в корневой части. Тепловые измерения показали, что в оптимальном диапазоне пиковая температура в ядре шва не превышает 370–385 °С.

Проверка влияния расположения литой заготовки относительно направления вращения инструмента (набегающая или отступающая сторона) не выявила существенных различий в качестве формирования шва. Незначительное увеличение грата отмечалось только при размещении литого полуфабриката со стороны набегания.

Механические свойства соединений.

Результаты механических испытаний разнородных соединений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Свойства соединений сплава Al–Ca–Zn–Mg в сочетании «литая заготовка + горячекатаный лист»

Положение литой заготовки	*σB соединения, МПа*	*K1*	*K2*	*σB металла шва, МПа*	*Угол изгиба, град.*
Со стороны набегания	240	1,00	0,72	345	50
Со стороны отхода	235	0,98	0,70	345	46

K_1 – отношение прочности соединения к прочности литой заготовки.

K_2 – отношение прочности соединения к прочности катаной заготовки.

Анализ данных свидетельствует, что прочность сварного узла полностью определяется прочностью менее прочного элемента пары – литой заготовки. Коэффициент прочности относительно литого состояния составляет 0,98–1,00. Разрушение образцов во всех случаях происходило по зоне термомеханического воздействия (ЗТМВ) со стороны литой заготовки. Примечательно, что предел прочности металла непосредственно в зоне перемешивания достигает уровня горячекатаного полуфабриката (около 345 МПа), что подтверждает эффективное диспергирование упрочняющей фазы в процессе сварки.

Микроструктура и распределение микротвердости.

Микроструктурный анализ выявил значительное измельчение частиц эвтектической фазы $(Al, Zn)_4Ca$ в зоне перемешивания. Если в исходном катаном материале наблюдалась строчечная ориентация структурных составляющих, то после СТП формируется равномерное распределение дисперсных включений размером преимущественно 3–6 мкм. Чёткой границы раздела между основным металлом и швом не обнаружено.

Профиль микротвердости, измеренный поперёк соединения, не содержит характерного для термоупрочняемых сплавов «провала» в ЗТВ (рис. 1). Твердость в ядре шва и прилегающих зонах не опускается ниже значений, свойственных литому металлу, что объясняется термической стабильностью эвтектики Al_4Ca. Некоторое повышение твердости в центре шва связано с динамической рекристаллизацией и диспергированием упрочняющих частиц.

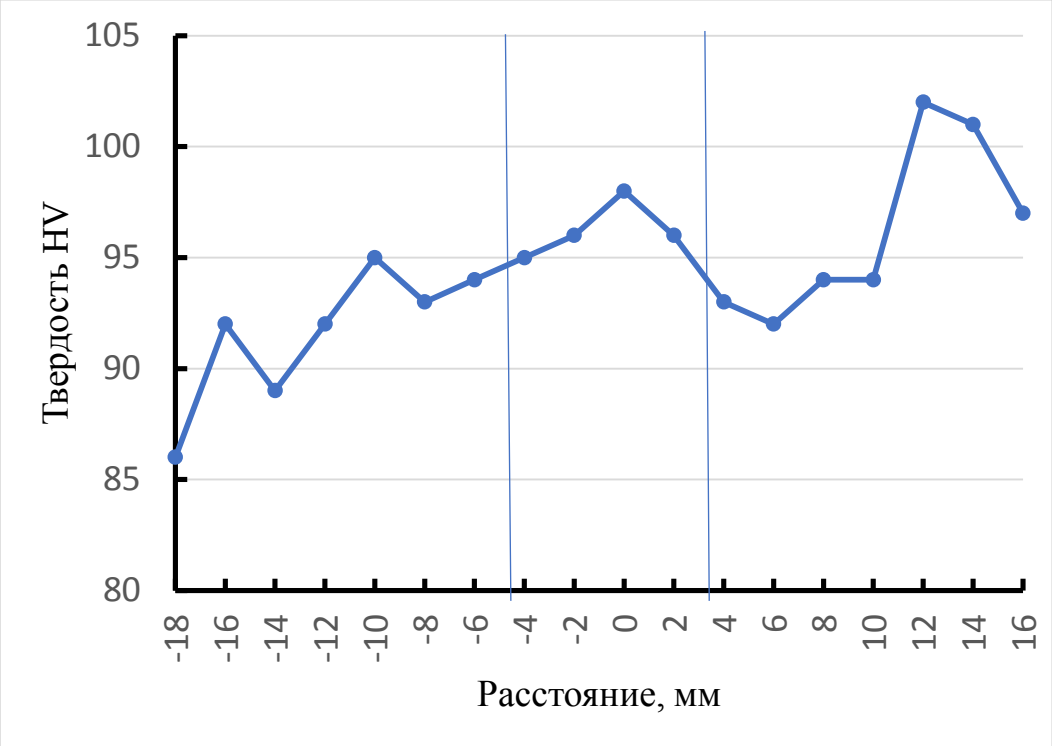


Рис. 1. Профиль распределения микротвердости в поперечном сечении соединения «литая заготовка + горячекатаный лист» после СТП

Влияние холодной прокатки сварного соединения.

Для оценки возможности дальнейшей деформационной обработки литоштампосварных узлов было проведено экспериментальное исследование холодной прокатки сварного образца. Соединение толщиной 5 мм, полученное на оптимальном режиме, подвергалось прокатке при комнатной температуре до конечной толщины 3,5 мм (степень обжатия 30 %). Внешний осмотр показал отсутствие трещин и расслоений в зоне шва, что свидетельствует о достаточном запасе пластичности металла соединения.

Измерения микротвердости по лицевой поверхности проводились сразу после прокатки и через 7 суток естественного старения (рис. 2). Непосредственно после деформации наблюдалось достаточно равномерное распределение твёрдости по всей длине образца (≈80 HV). Через неделю вылёживания зафиксирован прирост твёрдости, наиболее выраженный на горячекатаном листе (до 110 HV) и в металле шва (до 100 HV). Меньшее упрочнение литой части (до 90 HV) коррелирует с исходно более низкой концентрацией растворённых легирующих элементов, способных к выделению при естественном старении. Данный эффект подтверждает возможность применения финишной пластической деформации для упрочнения сварных конструкций из исследуемого сплава.

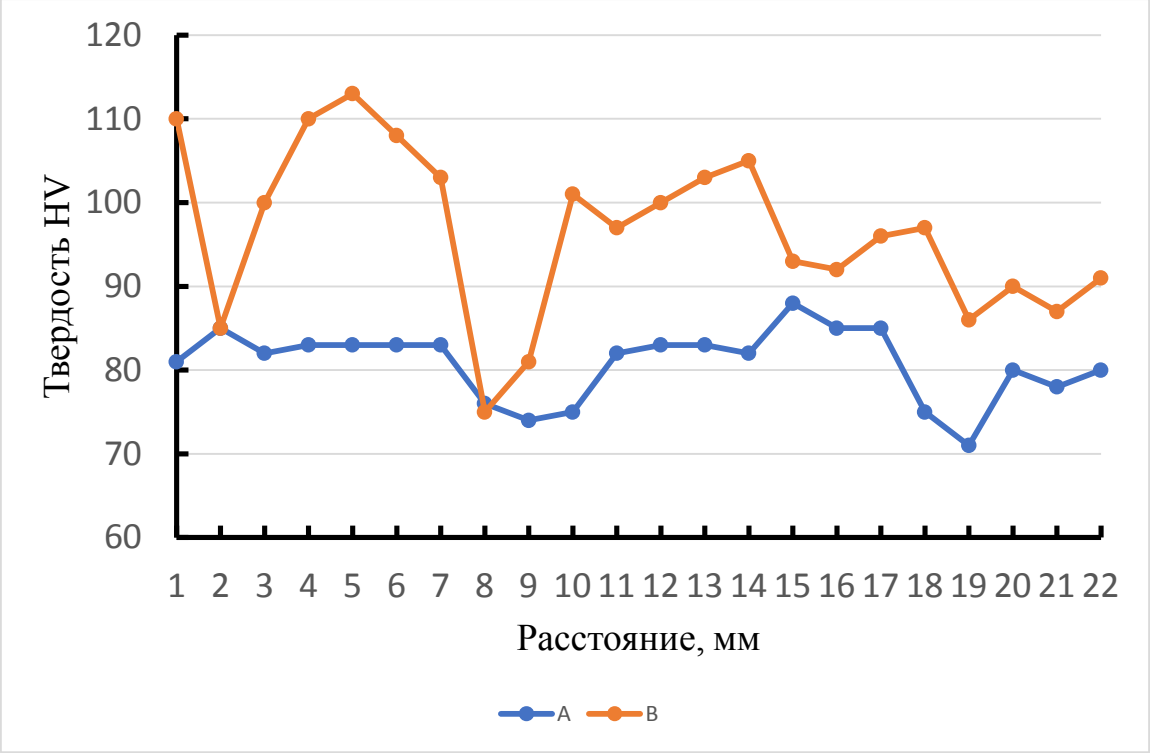


Рис. 2. Влияние холодной прокатки и вылеживания сварного соединения литой заготовки с горячекатаным листом из сплава Al–Ca–Zn–Mg на профиль распределения твердости: A – после прокатки; B – вылеживание после прокатки в течение 7 суток

Выводы

1. В ходе исследования методом трения с перемешиванием было достигнуто качественное стыковое соединение литого и горячекатанного алюминиевого сплава (Al-Ca-Zn-Mg).

2. Оптимальная скорость сварки составила 95-125мм/мин при частоте вращения инструмента 800 об/мин

3. Был установлено, что прочность соединения лимитируется литой заготовкой. Коэффициент прочности по отношению к литой заготовки составил почти 1 (0,98-1,00). При этом металл ядра шва имеет повышенную прочность (до 345 Мпа) за счет диспергирования эвтектической фазы.

4. Достигнуто отсутствие разупрочнения в ЗТВ. Благодаря высокой стабильностью эвтектики (Al) + Al_4Ca. Что даёт большое преимущество данному сплава перед традиционными термоупрочняемыми сплавами.

5. Достигнуто обжатие до 30 % при холодной прокатке без нарушения сплошности шва. После прокатки и естественного старения (7 дней) наблюдается повышение микротвердости металла соединения, что позволит в будущем делать упрочняемые литоштампосварные конструкции.

Список литературы

1. Овчинников В.В., Акопян Т.К., Проценко Е.О., Поляков Д.А. Показатели свариваемости при сварке плавлением перспективных алюминиевых сплавов на основе системы Al–Ca–Zn–Mg // Наукоемкие технологии в машиностроении. 2023. № 4. С. 11–23.
2. Дриц А.М., Овчинников В.В. Сварка алюминиевых сплавов: Монография. М.: Руда и Металлы, 2020. 468 с.
3. Белов Н.А., Наумова Е.А., Акопян Т.К. Эвтектические сплавы на основе алюминия: Новые системы легирования. М.: Руда и металлы, 2016. 288 с.
4. Дорошенко В.В., Наумова Е.А., Базлова Т.А., Самошина М.Е. Фазовый состав и особенности микроструктуры сплавов системы Al–Ca–Zn–Mg // Цветные металлы. 2017. № 9. С. 69–75.
5. Akopyan T.K., Ovchinnikov V.V., Barykin M.A., Letyagin N.V., Soloviev I.S. Analysis of the effect of friction stir welding on the structure and properties of a new Al–Ca–Zn–Mg-based eutectic alloy // Metallurgist. 2025. Vol. 69. P. 687–695.

Калашникова В.Е.
студент,
crafty03@mail.ru
Научный руководитель: ***Пономарев А.А.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

КОНТРОЛЬ РАЗМЕРНОЙ ТОЧНОСТИ ОТЛИВОК С ПОМОЩЬЮ ПЛАНШЕТНОГО СКАНЕРА

Аннотация. В статье рассмотрены современные методы контроля размерной точности литых деталей. Особое внимание уделено применению планшетных оптических сканеров как альтернативного метода контроля. Представлены результаты предварительной апробации метода на экспериментальном образце типа «плита клапанная» с имитацией масляных каналов, изготовленном с применением аддитивных технологий. Показана принципиальная возможность измерения геометрических параметров в программной среде

Ключевые слова: размерная точность; отливки; контроль качества; оптический сканер; альтернативные методы.

Введение

Размерная точность является одной из ключевых характеристик качества изделий в машиностроении. Она определяет степень соответствия геометрических параметров детали требованиям конструкторской документации и напрямую влияет на надежность, долговечность и взаимозаменяемость деталей [22].

Она особенно важна для литых деталей, применяемых в сложных узлах, таких как автоматические коробки передач. Любые незначительные отклонения могут привести к нарушению посадок, возникновению люфтов и снижению надежности изделия [23].

В связи с этим актуальной задачей является выбор эффективных методов контроля размерной точности, обеспечивающих баланс между точностью, стоимостью и производительностью.

Методы контроля размерной точности

Существующие методы контроля можно условно разделить на три группы:

1) Ручные измерительные инструменты (штангенциркули, микрометры и т.д.)
2) Координатно-измерительные машины (КИМ)
3) Цифровые методы (3D-сканирование) [15].

Ручные измерительные инструменты

К данной группе относятся штангенциркули, микрометры, линейки и угломеры. Их главные преимущества – простота и доступность. Однако существенными ограничениями служат низкая точность и невозможность измерения сложных криволинейных поверхностей [15].

Координатно-измерительные машины

Координатно-измерительные машины обеспечивают высокую точность измерений (до микрометров) и позволяют анализировать сложные геометрические параметры. В то же время их применение в условиях массового контроля ограничено высокой стоимостью оборудования, требованиями к квалификации персонала и относительно низкой производительностью [3].

3D-сканирование

Современные 3D-сканеры позволяют получать облако точек поверхности изделия и сравнивать его с эталонной CAD-моделью [1]. Основные преимущества 3D-сканирования – бесконтактность метода и полное покрытие поверхности изделия [2]. Однако у данного метода есть и свои недостатки, среди них: стоимость оборудования, сложность при работе с отражающими поверхностями и строгие условия эксплуатации [17].

Использование планшетных сканеров в метрологии

В последние годы растет интерес к применению офисной техники для измерительных задач. Одним из таких решений является применение планшетных оптических сканеров [8].

Принцип работы планшетного сканера основан на построчном считывании изображения фоточувствительными элементами (CCD или CIS сенсоров), преобразующих свет в цифровой сигнал [4].

Преимущества метода

Метод обладает рядом неоспоримых преимуществ, таких как доступность и низкая стоимость оборудования, простота эксплуатации, высокая детализация цифрового изображения у современных моделей и универсальность [9].

Сканеры с разрешением от 600 dpi позволяют проводить измерения с точностью, приемлемой для многих лабораторных задач [10].

Недостатки метода

К недостаткам данного метода можно отнести ограничение глубины резкости (особенно у бюджетных моделей с CIS-сенсорами) и трудности при измерении объемных и рельефных объектов [12].

Апробация метода на примере отливки «Плита клапанная»

В рамках сотрудничества Московского политехнического университета с ПАО «КАМАЗ» решалась задача измерения геометрических параметров отливки автоматической коробки передач «Плита клапанная». Особенностью данной детали является наличие сложной системы масляных каналов, измерение которых традиционными ручными инструментами затруднено, а применение координатно-измерительных машин и 3D-сканеров экономически нецелесообразно при оперативном контроле.

Для экспериментальной части были спроектированы три 3D-модели плит размером 205 на 104 мм: монолитная плита, плита с имитацией каналов и полая решетчатая плита.

Методом аддитивных технологий была изготовлена модель с имитацией каналов, как наиболее информативный вариант, воспроизводящий ключевые геометрические особенности оригинальной модели отливки (рис. 1).

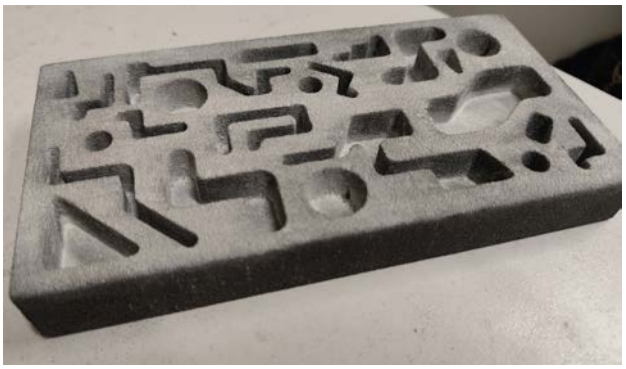


Рис. 1. Модель плиты с имитацией клапанных каналов

Методика эксперимента включала несколько этапов. Сперва образец разместили на планшетном сканере с эталонными средствами измерения (концевыми мерами длины).

Далее с помощью сканера было получено цифровое изображение (рис. 2), которое было импортировано в программную среду Rhinoceros. В данной программе с помощью стандартных инструментов построения прямых линий и измерений длины были получены размеры длины и ширины самой плиты, а также геометрические размеры его каналов. Калибровка проводилась с помощью концевых мер длины, которые позволили выполнить более точное масштабирование изображения в цифровой среде.

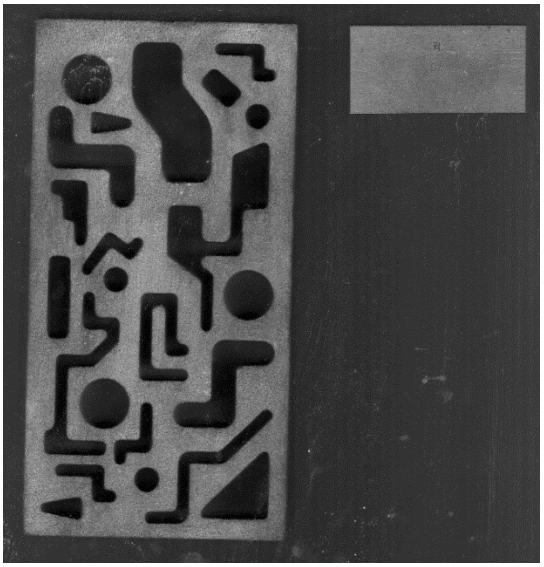


Рис. 2. Полученное методом сканирования цифровое изображение плиты и эталонных мер длины

Предварительные результаты исследований и экспериментов показали, что существует возможность использовать планшетный сканер для измерения геометрии отливок в лабораторных условиях.

Дальнейшая работа будет включать в себя оценку погрешности получаемых измерений, анализ повторяемости полученных результатов, их сравнение с эталонными значениями (чертежами, CAD-моделями), а также разработку методических рекомендаций по условиям сканирования.

Заключение

Анализ результатов измерений показал, что традиционные методы контроля размерной точности имеют ограничения по стоимости, сложности или производительности. Использование планшетных сканеров является более доступной альтернативой, благодаря которой можно добиться необходимой точности при меньших затратах.

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность применения планшетного сканера для метрологического контроля в ходе проводимого исследования. Сам метод использования планшетного сканера отличается доступностью и простотой использования в лабораторных условиях в отличии от большинства других традиционных методов.

Методика находится на стадии разработки и требует дополнительных исследований для определения точности и воспроизводимости, однако ее потенциал для использования в лабораторных условиях очевиден.

Список литературы

1. 3D-контроль в системе контроля качества: преимущества, рабочий процесс и примеры использования в промышленности. Текст электронный // CLUB 3D. CLUB Мир аддитивных технологий. URL: https://www.club3d.club/news/new081025 (дата обращения: 14.02.2026).
2. 3D сканирование в литейной промышленности: как и зачем использовать? Текст электронный // 3D Альянс аддитивные технологии. URL: https://all3d.ru/3d-skanirovanie-v-liteynoy-promyshlennosti-kak-i-zachem-ispolzovat/ (дата обращения: 12.02.2026).
3. 3D сканирование в контроле качества: технологии, таблицы точности, применение. Текст электронный // INNER ENGINEERING. URL: https://inner.su/articles/3d-skanirovanie-v-kontrole-kachestva-tekhnologii-tablitsy-tochnosti-primenenie/ (дата обращения: 14.02.2026).
4. Vangie B. Optical Scanner. Текст электронный // Webopedia. URL: https://www.webopedia.com/definitions/optical-scanner/ (дата обращения: 15.02.2026).
5. Grau Carles A., Grau Malonda A. A Simple Method to Measure the Thermal Contraction Percentage of a Solid Between Room and Liquid Nitrogen Temperatures. Madrid: CIEMAT, 2000. 26 с. URL: https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20080208 (дата обращения: 15.02.2026).
6. Trokic H. Flatbed Scanner. Текст электронный // Global Vision. URL: https://www.globalvision.co/glossary/flatbed-scanner (дата обращения: 15.02.2026).
7. Гусев М. А., Никифоров С. Н. Цифровая фотограмметрия: учебное пособие. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2012. 143 с.
8. Железняк А. Г., Сидоров В. Г. Планшетный сканер как прибор для физических исследований // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2015. № 2. С. 49–60.
9. Как устроены и работают сканеры. Текст электронный // lib.qrz.ru. URL: https://lib.qrz.ru/book/export/html/25486 (дата обращения: 16.02.2026).
10. Какое разрешение DPI выбрать при сканировании документов? Текст электронный // DNS Клуб. URL: https://club.dns-shop.ru/wiki/t-295-skaneryi/126962-kakoe-razreshenie-dpi-vyibrat-pri-skanirovanii-dokumentov/ (дата обращения: 16.02.2026).
11. Корнилов Ю. Н. Фотограмметрия: учебное пособие. СПб., 2006. URL: https://studfile.net/preview/8800994/ (дата обращения: 21.02.2026).
12. Крылова Ю., Крылов А. CCD- и CIS-технологии, или почему мы выбираем фото- и видеокамеры с хорошей зеркальной оптикой. Текст электронный // САПР и графика. URL: https://sapr.ru/article/6924 (дата обращения: 17.02.2026).
13. Ле Тан Фук, Сейта М. A high-resolution and large field-of-view scanner for in-line characterization of powder bed defects during additive manufacturing // Materials & Design. 2019. Vol. 164. Article 107562.
14. Лобанов А. Н. Фотограмметрия. М.: Недра, 1984. 552 с.
15. Методы контроля размерной точности отливок. Текст электронный // lektsii.org. URL: https://lektsii.org/10-17090.html (дата обращения: 12.02.2026).
16. Наволокина Е., Лосев И. Топ-10 лучших сканеров для дома в 2026 году. Текст электронный // Hi-Tech Mail. URL: https://hi-tech.mail.ru/compilations/125055-luchshie-skanery/ (дата обращения: 17.02.2026).
17. Обеспечение точности 3D-сканирования: методы калибровки и стандарты точности в SHINING 3D. Текст электронный // SHINING 3D. URL: https://www.shining3d.ru/ (дата обращения: 14.02.2026).

18. Основы фотограмметрии в полевых условиях. Текст электронный // DHlab. URL: https://dh-lab.ru/otsifrovka-i-fotogrammetriya/osnovyi-fotogrammetrii-v-polevyih-usloviyah/ (дата обращения: 27.02.2026).

19. Особенности конструкции планетарных сканеров. Текст электронный // ЭларСкан. URL: https://elarscan.ru/vse-o-planetarnykh-skanerakh/poleznye-stati/osobennosti-konstruktsii-planetarnykh-skanerov/ (дата обращения: 20.02.2026).

20. Сканеры: динамический диапазон. Текст электронный // НИКС. URL: https://www.nix.ru/computer_hardware_news/hardware_news_viewer.html?id=187737 (дата обращения: 17.02.2026).

21. Сравнительный анализ технологий CIS и CCD в широкоформатных сканерах. Текст электронный // Риал СТФ. URL: https://rialstf.ru/news/obzor-tekhnologij-cdd-i-cis-v-shirokoformatnyh-skanerah/ (дата обращения: 17.02.2026).

22. Точность отливки по ГОСТ 26645-85 и ГОСТ Р 53464-2009. Текст электронный // Уральская литейная компания. URL: https://urallitcom.ru/stati/tochnost-otlivki-po-gost-26645-85-i-gost-r-53464-2009-dopuski/ (дата обращения: 12.02.2026).

23. Факторы, влияющие на точность размеров отливок. Текст электронный // LANGHE Industry. URL: https://langhe-industry.com/factors-affecting-dimensional-accuracy-of-castings/ (дата обращения: 12.02.2026).

24. Федоров Ю. Н., Яковлев А. В. Методы трёхмерного контроля геометрии машиностроительных изделий // Измерительная техника. 2015. № 7. С. 45–49.

25. Фотограмметрические работы: состав, этапы и технологии выполнения. Текст электронный // Сервис Гео. URL: https://srvgeo.ru/blog/fotogrammetricheskiye-raboty-sostav-etapy-i-tekhnologii (дата обращения: 24.03.2026).

26. Янагисава К., Фурусё Р., Немото С., Касуга Т., Ивашита Ю., Ватанабэ Дж. Spectrophotometric accuracy of spectra obtained from spectroscopic plates measured with a commercial flatbed scanner // arXiv. 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2409.01629 (дата обращения: 19.02.2026).

Исаченков А.В.
студент,
isa-ov@mail.ru
Научный руководитель: ***Хламкова С.С.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН СНИЖЕНИЯ СВОЙСТВ АРМАТУРЫ СТАЛИ КЛАССА ПРОЧНОСТИ А 1000 ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ АРМАТУРЫ

Аннотация. Работа посвящена исследованию причин снижения свойств при производстве строительной арматуры стали класса прочности А1000. Проанализированы различные требования к арматурному прокату. Проведено исследование микроструктуры, анализ изломов, химический анализ, оценка загрязненности неметаллическими включениями, проведены механические испытания образцов арматурного проката. Сделаны выводы о причинах образования дефектов и даны рекомендации по их устранению.

Ключевые слова: арматурный прокат; строительная арматура; микроструктура; механические испытания; неметаллические включения.

В сложившихся условиях развития экономики на металлургических предприятиях обострились проблемы повышения конкурентоспособности арматурного проката на внутреннем и внешнем рынках. В связи с этим в условиях современного рынка на первый план

выходят актуальные задачи, направленные на повышение эффективности технологии и улучшения показателей качества прокатного производства.

Несмотря на опыт использования комплексных показателей качества в сортопрокатном производстве, применительно к арматуре обычно рассматривают только соответствие химического состава стали уровню механических свойств продукции. Практика показала, что для условий мини завода это не является достаточным. Поэтому актуально развитие принципов комплексного подхода к формированию качества арматурного проката в специфических условиях металлургических мини-заводов и получение на этой основе новых эффективных инструментов управления качеством продукции.

Определение механических свойств произведенной арматуры

Отбор проб проводили от готового проката, прошедшего все предусмотренные технологическим процессом стадии пластической деформации и термического упрочнения (таблица).

Таблица

Механические свойства исследованных образцов

№ партии– № плавки-№ пакета	проба	Механические свойства					Изгиб 45°
		σ 0,2 Н/мм2	σ в Н/мм2	δ 5 %	δмах %	δ р %	
2112235-2-1	Проба 2	1059	1296	3,2	1,6	0,9	уд
2112235-12-2	Проба 4	993	1331	11,5	3,8	3,2	уд
2112235-13	Проба 1	1047	1348	9,6	3,8	3,1	уд
2112236-3-1	Проба 2	-	907	4,7	0,6	0,1	уд
2112418-3-1	Проба 3	1123	1298	3,3	1,8	1,1	уд
2112419-3-1	Проба 10	-	640	0,7	0,4	0	уд
2112422-3-1	Проба 1	1100	1381	3,7	2,8	2,1	уд
2112419-3-2	Проба 8	1089	1352	12,4	3,5	2,8	уд
Требования ГОСТ 34028		≥1000	≥1250	≥7,0	≥2,5	≥2,0	уд

Контроль механических и технологических свойств арматурного проката класса прочности А1000 предусматривает несколько этапов: непосредственно после прокатки образец длиной 400 мм испытывают на изгиб в холодном состоянии до угла 45° и образец длиной 600 мм на разрыв после предварительного нагрева до 400 °С, с выдержкой в печи после их нагрева 15 минут.

После вылеживания проката от 10 до 12 суток для предварительной релаксации внутренних напряжений в образце и равномерного распределения температуры по его сечению. Из отобранной штанги нарезаются 2 образца с выровненными торцами длиной 600 мм для испытаний на статическое растяжение, а остальная часть штанги длиной 400 мм используется для технологического испытания на изгиб.

Сущность испытания состоит в одноосном нагружении натурального (то есть без снятия поверхностных слоев металла) образца арматуры с низкой скоростью возрастания нагрузки, так что в каждый момент времени механические напряжения по поперечному сечению образца распределены равномерно. При выполнении этих условий получаются результаты испытаний, на основе которых рассчитываются числовые характеристики арматуры, называемые механическими свойствами. Эти показатели позволяют прогнозировать поведение арматуры в различных условиях её эксплуатации и используются при проектировании строительных конструкций.

Из 8 образцов 6 показали пониженные значения механических свойств, не удовлетворяющие ГОСТ 34028.

Оценка загрязненности неметаллическими включениями

Исследования показали повышенную загрязненность оксидными включениями различных типов, а также сульфидами во всех исследованных образцах. В образцах были обнару-

жены протяженные строчки оксидных включений максимальной длинной около 300 мкм и одиночные включения размером около 25–40 мкм, а также сульфиды длиной около 300 (рис. 1). По химическому составу оксидные включения представляли собой алюмосиликаты кальция и шпинели.

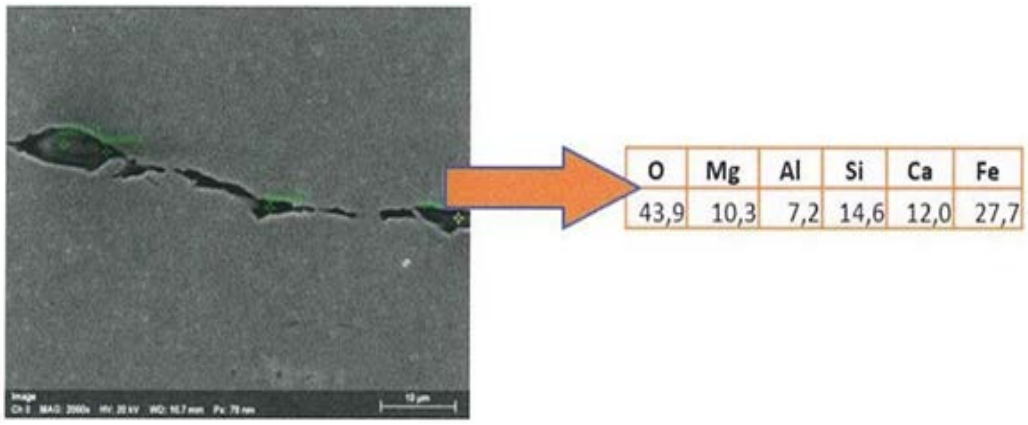


Рис. 1. Характерные неметаллические включения в образце

Исследование механизмов разрушения

Исследование микроструктуры показало, что краевые зоны характеризуются более мелкими исходными аустенитными зернами, в то время как средняя часть сечения имеет большую разнозернистость. Данные распределения подтверждают наличие у краев арматуры более мелких исходных аустенитных зерен с небольшим разбросом по размерам, в то время как средняя часть имеет более крупные зерна, и для этого участка характерна разнозернистость.

Методом сканирующей электронной микроскопии обнаружено, что действительная структура образцов не имеет значимых различий, и ее можно охарактеризовать как продукты закалки и отпуска.

Анализ изломов исследуемых образцов показал наличие неоднородных по своему строению участков (рис. 2).

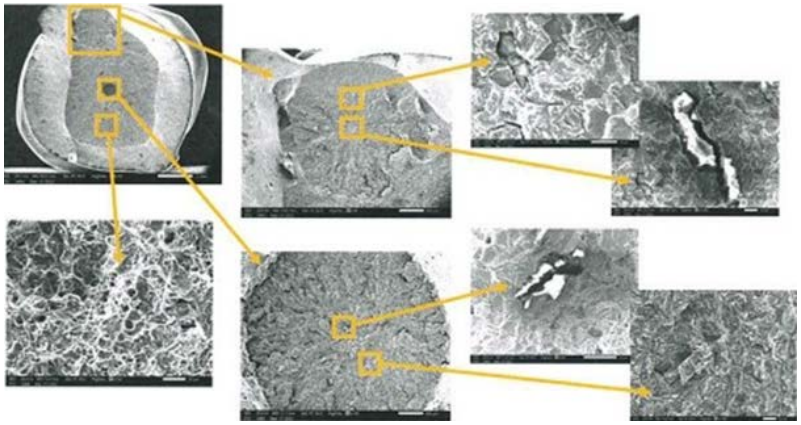


Рис. 2. Изломы исследованных образцов

Участки имеют округлую форму размером около 0,8-2мм. Исследование микростроения изломов показало, что основной механизм разрушения вязкий ямочный, однако неоднородные участки на поверхности изломов образовались по хрупкому транскристалитному или зернограничному механизму разрушения. В центральной части хрупких областей были обнаружены неметаллические включения размером от 20 д 250 мкм по химическому составу, соответствующие силикатам, алюмосиликатам кальция или шпинелям.

Морфология строения хрупких областей соответствует типу изломов, образованному при воздействии водорода. Вероятным механизмом образования данных участков излома

является скопление водорода на областях, примыкающим к неметаллическим включениям, что обуславливает хрупкое разрушение вокруг них.

По результатам определения химического состава можно отметить относительно высокое содержание серы во всех образцах.

Выводы

Установлено, что материал образцов имеет повышенную загрязненность неметаллическими включениями, представляющими собой оксидные включения типа алюмосиликатов, силикатов и шпинелей, а также сульфидов.

Установлено, что очагами разрушения являлись шлаковые (крупные алюмосиликаты) или экзогенные включения (оксид кремния), которые приводят к снижению механических свойств.

Доказано, что снижение механических свойств происходит из-за повышенного содержания водорода в металле, который, скапливаясь на неметаллических включениях, приводит к его охрупчиванию.

В образцах с дефектами – продольными трещинами длиной до 15 см, в поверхностном слое были обнаружены крупные шлаковые включения, которые могут являться источниками трещин. Таким образом, причиной образования трещин в образцах 2112236-3-1-2, 2112419-3-1-10, 2112235-13-1 являются дефекты сталеплавильного происхождения.

Список литературы

1. ГОСТ 1497-84. «Металлы. Методы испытаний на растяжение».
2. ГОСТ 380-2005. «Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки».
3. ГОСТ 34028-2016. «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия».
4. С.А. Мадатян. «Арматура железобетонных конструкций» // М.: Воентехлит, 2000. – 256 с.
5. Скоробогатов С.М. Основы теории расчете выносливости стержней арматуры железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1976
6. СТБ 1706-2006 «Арматура, напрягаемая для железобетонных конструкций. Технические условия».
7. И.Н. Тихонов. «Разработка, производство и внедрение инновационных видов арматурного проката для строительства» // Строительные материалы. 2019. № 9. С. 67-75.
8. И.Н. Тихонов, И.П. Саврасов, В.А. Харитонов, Г.И. Тихонов, О.О. Цыба, Н.В. Кузьменко. Основные положения ГОСТ 34028-2016. «Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия» и их применение при проектировании железобетонных конструкций // Строительные материалы. 2019. № 10. С. 27-84.
9. Энгель Л., Клингеле Г. Растровая электронная микроскопия. Разрушение. Справочник. М.: Металлургия. 1986. 231 с.

Ильина А.С.
студент,
sarabuf.1311@mail.ru
Научный руководитель: ***Хламкова С.С.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕРМООБРАБОТКИ ПРОВОЛОКИ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АВЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТРЕБУЕМЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Аннотация. Металлический клипс (скоба) на упакованной головке сыра играет важную роль в процессе созревания твердых сыров. Этот элемент упаковки является важной частью технологии производства и хранения продукта. Одной из ключевых функций металлического

клипса (скобы) является обеспечение герметичного закрытия полимерного пакета. Объектом исследования является проволока из алюминиевого деформируемого сплава АВЕ, используемая для производства клипсов, предназначенных для герметизации полимерных пакетов и оболочек при упаковке пищевых продуктов (твердых сыров).

Ключевые слова: деформируемый алюминиевый сплав, режимы термообработки, предел прочности.

Цель работы – исследование и подбор оптимальных режимов термообработки проволоки из алюминиевого деформируемого сплава АВЕ, позволяющих получить требуемые механические свойства для клипсов, используемых для герметизации пакетов при упаковке твердых сыров.

Упаковку сыра в пакеты из полимерной пленки проводят на специальных вакуум-упаковочных машинах различных конструкций (клипсаторах) в соответствии с инструкциями по их эксплуатации. При упаковке сыра под вакуумом из пакета должен быть полностью удален воздух и обеспечена его герметизация путем зажатия металлическим клипсом (скобой).

Правильно подобранные полимерные пакеты и клипсы (скобы) обеспечивают созревание твердых сыров без отклонений от технологического процесса. При надежной герметизации упаковки сыров отпадает потребность в дополнительных операциях (переупаковка при разгерметизации).

Для вакуумной упаковки твердых сыров используют клипсы (скобы), изготовленные из алюминиевой проволоки.

В процессе созревания сыров, упакованных клипсом (скобой) из мягкой алюминиевой проволоки, происходит их раскрытие и разгерметизация пакета. Поэтому очень важно использовать для производства клипсов (скоб) материал со специально подобранными механическими свойствами. В настоящее время в производстве используется проволока из алюминиевого деформируемого сплава АВЕ.

Для того чтобы клипсы из проволоки алюминиевого деформируемого сплава АВЕ соответствовали требуемым показателям качества, необходимо при их производстве достичь определенных механических свойств: предела прочности и относительного равномерного удлинения. Была выбрана проволока из алюминиевого деформируемого сплава АВЕ диаметром 2,97 мм., имеющая при поступлении на предприятие временное сопротивление (предел прочности) $\sigma_в$ в диапазоне 30–36 кгс/мм² и относительное удлинение $\delta_р$ в диапазоне 4–5 %, для достижения требуемых для производства параметров, временного сопротивления (предел прочности) $\sigma_в$ в диапазоне 24–27 кгс/мм² и относительного удлинения $\delta_р$ в диапазоне 5 – 6 %, подлежит термообработке (старению). Самыми оптимальными режимами термообработки выбраны следующие:

- разогрев в печи до tº 195-198 ºС – 1 час;
- выдержка в печи tº 195-198 °С – 4 часа;
- остывание в печи до комнатной температуры – 24 часа.

Технологическое производство упаковочных материалов на ООО «Диамант»

Вакуумное упаковывание сыров в пакеты из полимерной пленки для его дальнейшего созревания проводят на специальном оборудовании. Примером может служить вакуум-упаковочная машина (клипсатор) СМ1.

На вакуум-упаковочных машинах (клипсаторах) СМ1 работают по методу «Вакуумной упаковки пищевых продуктов». Этот метод состоит из четырех операций:

- размещение сыра в полимерном пакете;
- удаление воздуха из многослойного пакета, в который помещается головка сыра, заставляя пленку пакета плотно прилегать к поверхности продукта;
- закрытие пакета клипсом из алюминиевого сплава механическим путем, для создания герметичности упаковки, чтобы препятствовать проникновению воздуха внутрь пакета после вакуумирования;
- термоусадка пленки на упакованной головке сыра путем погружения на одну секунду в воду при температуре 75-95 °С в зависимости от типа используемых пакетов.

Пример упаковки сырной головки с применением вакуумной герметизации с наложением клипсы из алюминиевого сплава АВЕ показан на рис. 1.

Рис. 1. Головка сыра сорта «Маасдам», упакованная с применением вакуумной герметизации, с наложением клипсы из алюминиевого сплава АВЕ

Клипса (скоба) должна соответствовать нескольким условиям:

- надежно удерживать вакуум в течение срока созревания сыра;
- материал клипсы (скобы) не должен содержать опасных примесей;
- материал клипсы (скобы) не должен способствовать преждевременному изнашиванию металлических частей вакуум-упаковочных машин (клипсаторов).

Клипса (скоба) представляет собой кусок калиброванной проволоки, изогнутой в виде буквы «U». На этапе наложения клипсы (скобы) на пакет происходит загиб ножек на 180º «в замок».

Образцы упаковки клипсами на вакуумно-упаковочной машине (клипсаторе) СМ1 показаны на рис. 2.

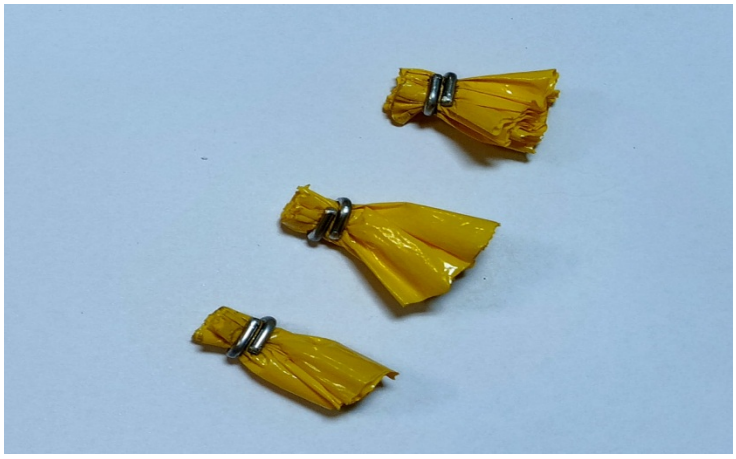


Рис. 2. Образцы упаковки клипсами из алюминиевого сплава АВЕ

На первых этапах подготовки производства, был проведен анализ химического состава и механических свойств импортной клипсы производства Италии, которая поставлялась в РФ и использовалась для упаковки твердых сыров. Результаты анализа были изучены, систематизированы и послужили критерием для подбора отечественного материала для производства клипсов.

При подборе материала для изготовления клипсов (скоб) на предприятии были изучены химические и механические свойства нескольких видов алюминиевой проволоки. Мягкие виды алюминиевой проволоки не подошли для использования. В процессе созревания сыров, упакованных клипсом (скобой) из мягкой проволоки, происходит их раскрытие и разгерметизация пакета. В настоящее время в производстве используется проволока из алюминиевого деформируемого сплава АВЕ.

Проволока изготавливается из алюминиевого сплава АВЕ и имеет специальные физико-механические свойства. Алюминиевый сплав, из которого изготовлены клипсы, не содержит Pb > 0,15 %, As > 0,015 % и предназначен для упаковки пищевых продуктов.

Для того, чтобы клипсы из проволоки алюминиевого деформируемого сплава АВЕ соответствовали требуемым показателям качества, необходимо при их производстве достичь определенных механических свойств. При использовании термической обработки проволоки необходимо добиться определенного временного сопротивления (предела прочности) σв и относительного равномерного удлинения δр.

Алюминиевая проволока, выпускается отечественными металлургическими и кабельными предприятиями. ООО «Диамант» приобретает алюминиевую проволоку сорта АВЕ на АО «Москабель» г. Москва. Материал для ООО «Диамант» изготавливается по ТУ 1812-086-05758629-02 от 01.03.2002 г. «Проволока для клипсов из алюминиевых сплавов» и ГОСТ 20967-75 «Катанка из алюминиевого сплава».

Проволока из алюминиевого деформируемого сплава АВЕ диаметром 2,97 мм при поступлении на предприятие имеет временное сопротивление (предел прочности) σв в диапазоне 30 – 36 кгс/мм² (294 – 353 Н/ мм²) и относительное удлинение δр в диапазоне 4 – 5 %.

Требование производства состоит в необходимости подбора режимов термообработки проволоки из алюминиевого деформируемого сплава АВЕ для получения временного сопротивления (предел прочности) σв в диапазоне 24–27 кгс/мм² (235 – 264 Н/ мм²) и относительного удлинения δр в диапазоне 5–6 %.

Анализ химического состава и механических свойств импортных клипс

Исследование позволяет определить содержание примесей и соответствие материала требованиям нормативов, тем самым достоверно прогнозировать эксплуатационные характеристики готовых изделий.

Анализ проводился рентгенофлуоресцентным (РФА) спектрометром. Результаты анализа представлены в таблице**.**

Таблица

Массовая доля химических элементов в %

Si	**Fe**	**Cu**	**Mn**	**Mg**	**Cr**	**Zn**	**Ti**	**Al**
0,42	0,22	0,002	0,005	0,51	0,003	0,01	0,01	Осн.

Результаты спектрального анализа показали, что по химическому составу материала, из которого изготовлена импортные клипсы, соответствует отечественный алюминиевый деформируемый сплав АВЕ.

Проведены статические испытания на 155 образцах, диаметр проволоки 2,97 мм, первоначальная площадь поперечного сечения $F_0 = 6{,}92$ мм^2.

Результаты статических испытаний механических свойств материала, из которого изготовлены импортные клипсы, показали, что для достижения соответствия продукции импортным образцам, проволока, изготовленная из алюминиевого деформируемого сплава АВЕ для клипсов, должны иметь предел прочности (σв) 24 – 27 (кгс/мм^2).

Анализ результатов статических испытаний алюминиевой проволоки АВЕ при различных температурных режимах старения

Для определения оптимальных режимов термообработки алюминиевой проволоки АВЕ по достижению необходимых механических свойств, проведены испытания свидетелей при различных температурных режимах старения. Режим термообработки:

- разогрев в печи tº до 185,195,198,200,205,210 ºС – 1 час;
- выдержка в печи tº 185,195,198,200,205,210 ºС – 4 часа;
- остывание в печи до комнатной температуры – 24 часа.

Для определения временного сопротивления (предела прочности) (σв) у отобранных образцов-свидетелей до и после термообработки, применялась разрывная машина РМП-500-822.

Термообработка (старение) образцов-свидетелей проводилась в шкафу-печи FL-300.

Измерение относительного удлинения (δр,) проводилось с помощью линейки.

По результатам испытаний составлен анализ механических свойств алюминиевой проволоки АВЕ при различных режимах старения.

В результате проведенных испытаний сделан вывод:

Проволока из алюминиевого деформируемого сплава АВЕ диаметром 2,97мм., имеющая при поступлении на предприятие временное сопротивление (предел прочности) σв в диапазоне 30–36 кгс/мм² и относительное удлинение δр в диапазоне 4–5 %, для достижения требуемых для производства параметров, временного сопротивления (предел прочности) σв в диапазоне 24–27 кгс/мм² и относительного удлинения δр в диапазоне 6–7 %, подлежит термообработке (старению).

Самыми оптимальными режимами термообработки выбраны следующие:

- разогрев в печи до tº 195-198 ºС – 1 час;
- выдержка в печи tº 195-198 °С – 4 часа;
- остывание в печи до комнатной температуры – 24 часа.

Список литературы

1. Технология молока и молочных продуктов: Учебник для высшего и среднего специального образования /Дьяченко П.Ф., Коваленко М.С. Грищенко А.Д., Чеботарев А.И.– М: Москва, Пищевая промышленность, 1974 – 446 с.
2. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Учебник для студентов высших учебных заведений / Арзамасов В.Б., Волчков А.Н., Головин В.А., Кузнецов В.А., Смирнова Э.Е., Черепахин А.А., Шпунькин Н.Ф., под редакцией Арзамасова В.Б. и Черепахина А.А. – 2-е изд., стер. – М.: Академия, 2010. – 446 с.
3. Мягкий вакуум – созревание сыра в полимерных термоусадочных пленках softvakuum.cheesixx.ru Созревание сыра youtube.com›watch?v=y9XBnRKs5tA(дата обращения 7.04.2026)

Галимова В.А.
студент,
warwaragalimova2007@mail.ru
Научный руководитель: ***Матросова В.В.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

УМНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. СКЛАДИРОВАНИЕ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы автоматизации процессов складирования и транспортировки комплектующих электромобиля с применением робототехнических систем и технологий компьютерного зрения. Представлена разработка модульной системы, включающей этапы разбора, маркировки, транспортировки и сортировки компонентов. Реализация выполнена с использованием программного обеспечения Dobot Studio и языков программирования высокого уровня.

Ключевые слова: автоматизация производства, робототехника, электромобиль, складирование, компьютерное зрение, QR-кодирование.

В рамках современных требований к производству электромобилей возникает острая необходимость в обеспечении высокой скорости, точности и адаптивной гибкости всех логистических операций. Одним из наиболее уязвимых участков остаётся складирование комплектующих, где зачастую сохраняется высокая доля ручного труда, что приводит к снижению производительности и увеличению вероятности ошибок.

Актуальность представленной работы обусловлена возрастающей потребностью в применении передовых решений в области транспортной и манипуляционной робототехники.

Основной причиной разработки данного проекта является недостаточная технологичность производства узлов электромобиля, обусловленная отсутствием автоматизированных этапов работы производственных участков складирования комплектующих электромобиля. Это упущение в автоматизации прямо ведёт к неоптимальному использованию ресурсов, увеличению временных затрат и снижению конкурентоспособности.

Для решения данной проблемы предлагается повышение технологичности производства узлов электромобиля за счёт автоматизации работы производственных участков складирования комплектующих электромобиля. Данный проект выполнялся в рамках проектной деятельности по умному производству и складированию комплектующих электромобиля на базе программного обеспечения Dobot Studio.

Задачами данной работы является:

1. Определение эффективной системы хранения комплектующих на этапе предпроизводственной подготовки подготовки при складировании комплектующих электромобиля.

2. Реализация типовых типовых переместительных операций при разборе поставленных комплектующих.

3. Разработка алгоритмов маркировки и транспортировки комплектующих электромобиля на конкретные производственные участки.

1. Оборудование и программные средства

В качестве основного исполнительного устройства использовался роботизированный манипулятор DOBOT Magician на рис. 1, представляющий собой универсальную платформу для исследования процессов промышленной робототехники и разработки собственных производственных линий с полной автоматизацией процессов.

Рис. 1. Робот-манипулятор DOBOT Magician

Данный манипулятор относится к классу настольных коллаборативных роботов. Его конструкция обеспечивает достаточную гибкость при выполнении типовых операций перемещения, позиционирования и манипулирования объектами в ограниченном рабочем пространстве. Рабочая зона устройства достигает порядка 320 мм, а грузоподъёмность составляет до 500 г, что делает его пригодным для задач мелкосерийной сборки, сортировки и складской логистики.

Это универсальная система, которая функционально близка к промышленным манипуляторам, отличаясь преимущественно масштабом и областью применения. При этом она поддерживает гибкое программирование, включая работу с координатными системами и языками высокого уровня. Низкое энергопотребление, компактность и высокая скорость выполнения операций делают её удобной для использования как в учебных, так и в исследовательских и прототипных производственных процессов.

Одним из ключевых преимуществ DOBOT Magician является высокая повторяемость позиционирования, достигающая порядка 0,2 мм, что позволяет обеспечивать стабильность выполнения циклических операций. Конструктивно манипулятор выполнен с использованием алюминиевого корпуса и оснащён шаговыми двигателями, обеспечивающими плавность и точность движения. Скорость вращения звеньев достигает значений, достаточных для эффективной реализации операций, что повышает общую производительность системы.

Дополнительным преимуществом является модульность конструкции и возможность использования различных исполнительных инструментов. В зависимости от поставленных задач манипулятор может оснащаться механическим захватом, вакуумным захватом, лазерным модулем или другими инструментами, что значительно расширяет область его применения – от перемещения объектов до операций маркировки и обработки.

Алгоритмы управления реализуются в программной среде Dobot Studio, которая предоставляет инструменты как визуального (блочного), так и текстового программирования. Такая среда способствует эффективной разработке и отладке рабочих сценариев робота, включая управление траекториями движения, настройку координатных систем и координацию последовательных операций. Благодаря интеграции различных инструментов, разработчики получают возможность настраивать поведение системы для решения конкретных задач.

В дополнение к этому, для расширения функциональных возможностей используется язык программирования Python. Его применение существенно увеличивает спектр доступных решений, позволяя реализовывать более сложные алгоритмы компьютерного зрения, обработки и анализа данных, а также управлять логистическими процессами с учётом разнообразных условий. В частности, библиотека OpenCV применяется для распознавания и классификации объектов, анализа визуальной информации и определения координатных параметров в пространстве, что является ключевым для точного позиционирования и манипуляций. Кроме того, использование инструментов QR-кодирования позволяет идентифицировать комплектующие, обеспечивая учёт в автоматизированных процессах.

Это выбранное оборудование и программные средства формируют единую технологическую основу для реализации автоматизированной системы складирования. В совокупности эти инструменты дают возможность не только моделировать и воспроизводить реальные производственные процессы, но и достигать высокой точности и повторяемости операций. Также стоит отметить, что система проектируется с учётом гибкости и масштабируемости, что обеспечивает её адаптацию к изменяющимся требованиям и возможность последующего расширения для интеграции в более сложные промышленные комплексы и технологические среды.

2. Описание разработанной системы

Разработанная система имеет модульную архитектуру, что обеспечивает её гибкость и возможность поэтапного внедрения. Каждый модуль выполняет отдельную функцию, при этом все элементы связаны в единую логистическую цепочку.

2.1. Модуль механического разбора контейнеров

Алгоритм для манипулятора DOBOT Magician: В начале подвозят контейнер в область для разборки контейнеров, после робот перекладывает «комплектующие» на рабочую область. В будущем с помощью камеры можно реализовать автоматическое определение координат объектов в контейнере, для более точного позиционирования манипулятора, чтобы минимизировать ошибки при перемещении.

Алгоритмы управления реализованы в среде Dobot Studio с использованием заранее откалиброванных координатных точек. Это обеспечивает точность позиционирования и повторяемость операций.

В итоге был реализован алгоритм для перемещения «кубиков» из контейнера на рабочую область. Фрагмент данного алгоритма показан на рис. 2.

Рис. 2. Процесс перемещения кубиков

2.2. Модуль маркировки

Разработанная программа успешно прошла тестирование на способность к точному распознаванию и анализу информации, находящейся в QR-кодах. Она умеет считывать, декодировать и сортировать данные с QR-кодов. Дополнительно, для точного определения пространственного расположения кубов на рабочей площадке, программа использует гомографические преобразования, что позволяет повысить точность позиционирования. Помимо этого, на языке Python создана программа для автоматического отслеживания свободных ячеек робота-тележки. Она легко модернизируется и имеет удобную систему отладки, что упрощает дальнейшую разработку.

Для точного ведения отчётности по складским операциям была разработана специальная программа. При поступлении новой позиции в зону хранения камера сканирует QR-код и обновляет информацию о позициях на складе. QR-код, в свою очередь, хранит детализированные сведения, включающие не только тип позиции, но также его текущее состояние и физические характеристики.

2.3. Модуль транспортировки в стеллаж

Робот TRIK на рис. 3 реализует перемещение объектов с возможностью тестирования различных подходов в реальном времени –благодаря конструкторской начинке. Управление алгоритмом движения выстроено на Python, что даёт возможность интегрировать компьютерное зрение и расширять функционал в будущем. DOBOT Magician выполняет точные манипуляции: загружает детали в рабочую зону, затем передаёт их на следующий этап. Робот TRIK доставляет предметы до места складирования.

Рис. 3. Робот TRIK

Спроектирована схема перемещения платформы, внедрена система позиционирования с механическими упорами – это повышает точность загрузки и разгрузки.

2.4. Модуль укладки

На этапе укладки комплектующие подвергаются предварительной сортировке по заданным категориям, причём этот процесс осуществляется непосредственно в рамках транспортной системы. После завершения укладки деталей в специализированную тележку, модель которой представлена на рис. 4, она автоматически направляется к зоне разгрузки. Далее, заполненная корзина, содержащая отсортированные компоненты, механически отсоединяется от корпуса тележки и переходит на следующий этап дальнейшей сортировки. Робот-тележка подъезжает к ближайшей свободной корзинке и фиксирует её на специальных механических замках.

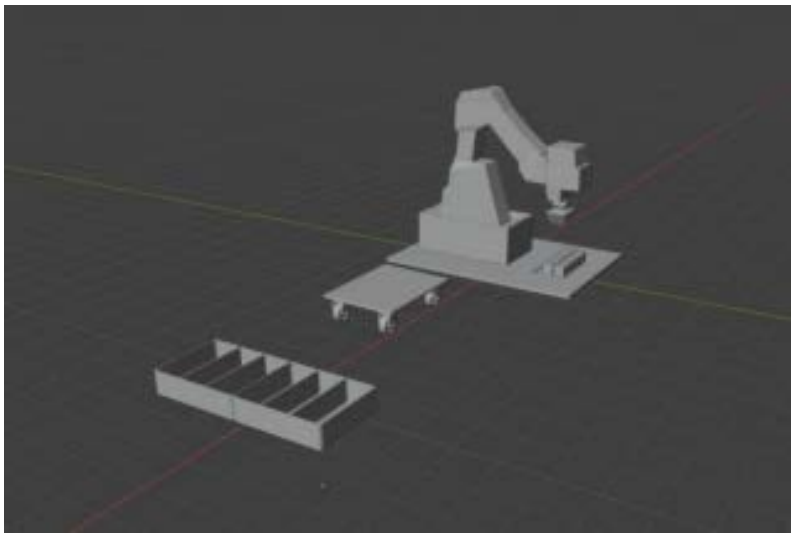


Рис. 4. Модель робота и тележки

Алгоритмы классификации реализованы на языке Python с использованием библиотеки OpenCV. Используются обучаемые модели, способные выполнять многоклассовую идентификацию объектов. В основе этих алгоритмов лежат обучаемые модели, обладающие способностью к выполнению многоклассовой идентификации различных объектов, что позволяет системе автоматически распознавать широкий спектр комплектующих с высокой точностью и адаптивностью.

2.5. Модуль сортировки

Финальный этап предполагает сортировку комплектующих в соответствии с заранее определёнными и чётко заданными параметрами. Управление процессом выполняется через программное обеспечение Dobot Studio, что гарантирует высокую точность выполнения операций. Эта система сортировки способна функционировать, опираясь на целый ряд разнообразных критериев, обеспечивая гибкость и адаптивность процесса. К таким критериям относятся:

1. Тип комплектующего.
2. Размер и форма.
3. Состояние.
4. Производственная принадлежность.

Ключевым преимуществом разработанной системы является её модульность и возможность интеграции. Все элементы взаимодействуют через единые программные интерфейсы, что позволяет: масштабировать систему, добавлять новые модули и адаптировать её под различные производственные линии.

Дополнительные преимущества состоят в снижении доли ручного труда, повышении точности операций, сокращение времени обработки, улучшении прослеживаемости комплектующих и повышении общей эффективности производства.

В рамках данной работы были разработаны новые подходы к автоматизации складирования и транспортировки комплектующих электромобиля, включающие робототехнические решения и интеллектуальные алгоритмы управления. Полученные в ходе реализации проекта результаты подтверждают возможность значительного повышения технологичности произ-

водственных процессов за счёт планомерного внедрения комплексных робототехнических и программных решений. Разработанная система демонстрирует высокую эффективность в выполнении поставленных задач, обладает значительной гибкостью, позволяющей адаптироваться к изменяющимся условиям, и проявляет высокую готовность к дальнейшему развитию и масштабированию.

Таким образом, предложенное решение, обладающее как образовательным, так и практическим потенциалом, может быть эффективно использовано не только в учебных целях для подготовки специалистов в области робототехники и автоматизации, но и в качестве прототипа для последующего внедрения в реальных производственных условиях, способствуя трансформации индустриальных процессов и повышению их конкурентоспособности.

Список литературы

1. Гараев Р.А., Рогожников А.О. Перспектива использования робота-манипулятора в различных отраслях // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития. 2022. № 5. С. 57–60.
2. Горнов О.А. Программирование манипулятора в среде Python: DOBOT Magician: образовательная инженерная платформа. М.: Экзамен, 2021. 120 с.
3. Горнов О.А. Программирование манипулятора в среде GOOGLE BLOCKLY: DOBOT Magician: образовательная инженерная платформа. М.: Экзамен, 2021. 188 с.
4. Кинематическая модель роботизированного манипулятора DOBOT Magician / С.Э. Надёжина [и др.] // Молодая наука Сибири. 2021. № 1 (11). С. 461–470.
5. Клютко М.В. Функциональные возможности робота-манипулятора DOBOT Magician // Химическая технология и техника: материалы 85-й науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с междунар. участием). Минск, 2021. С. 265–266.
6. Комплектация и краткие технические характеристики робота-манипулятора DOBOT Magician // DOBOT URL: https://dobot.ru/series_magician/model_edu (дата обращения: 30.03.2026).
7. Разработка автоматизированной системы управления процессом сортировки / С.С. Закожурников [и др.] // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27, № 5. С. 113–124.

Войтович Р.А.
студент
Научный руководитель: ***Бахматов П.В.***
д.т.н., доцент,
Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
Россия, Комсомольск-на-Амуре
mim@knastu.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ

Аннотация. В работе рассмотрены основные параметры автоматической или роботизированной импульсной аргонодуговой сварки, программное управление которыми позволяет соединять детали без применения присадочной проволоки (даже толстостенные), создавать бездефектные сварные соединения, обладающие уникальными свойствами и минимальными геометрическими параметрами.

Ключевые слова: аргонодуговая сварка, импульсная сварка, сварка пульсирующей дугой.

Введение

Россия должна в короткий срок войти в топ-25 стран по плотности роботизации, заявил президент Владимир Путин в ходе Петербургского международного экономического форума

(ПМЭФ-2024). Задача внедрения роботизации в промышленный сектор, особенно выпускающий изделия ответственного назначения (ракетно-космический, авиастроительный, автомобилестроительный и тп.) – кратное повышение производительности и качества продукции. Сварочное производство, даже серийное, также нуждается в роботизации и наиболее подходящими для этого способами являются точечная, лазерная, механизированная в защитных газах, плазменная и аргонодуговая сварка неплавящимся электродом. По мнению авторов, последняя, отвечая цели роботизации, имеет нераскрытый потенциал технологического применения.

Основное содержание

Технологические ресурсы аргонодуговой сварки, нашедшей наиболее широкое применение для создания соединений из титановых, алюминиевых сплавов, нержавеющих и специальных сталей, далеко не исчерпаны. С развитием источников питания аргонодуговой сварки, а также средств роботизации (осцилляции траектории горелки), появилась возможность, помимо дуги постоянного действия, применять импульсные режимы (в том числе и разноамплитудные), а также ведение сварки пульсирующей дугой.

Сварка титановых сплавов и нержавеющих сталей ведется импульсами постоянного тока прямой полярности. Характерной особенностью импульсной сварки и сварки пульсирующей дугой является наличие постоянной малоамперной (*дежурной*) дуги с наложением на нее более мощного импульса (ряда импульсов) сварочной дуги. При этом необходимым условием получения удовлетворительно сформированных швов является стабильность возбуждения дуги с поддерживанием заданных длительностей импульса и паузы. Наличие постоянно горящей «дежурной» дуги, поддерживая дуговой промежуток в ионизированном состоянии, стабилизирует горячее катодное пятно на электроде и обеспечивает необходимую термоэлектронную эмиссию при возбуждении сварочной импульсной дуги, зажигаемой с конца электрода.

Регулируя ток, скорость, а также длительность импульса и паузы, можно в широких пределах изменять размеры шва и вместе с тем, в более широком диапазоне регулировать тепловое воздействие источника тепла на металл шва и околошовной зоны, чем при обычной аргонодуговой сварке. Это связано с тем, что высокая концентрация тепловой энергии за короткий период импульса обеспечивает более эффективное использование тепла за счет теплопроводности и конвекции жидкого металла сварочной ванны, при расплавлении соединяемых кромок свариваемого тонколистового металла.

Каждый импульс сварочного цикла может быть запрограммирован по форме и величине импульса, времени импульса и паузы сварочной дуги для достижения необходимых размеров сварочной ванны и свойств сварных соединений. Для этого, при импульсной сварке и сварке пульсирующей дугой учитываются: степень перекрытия точек определяется их размером d_m и шагом $l_ш$ (рис. 1 а, б). Величина перекрытия определяется по формуле $n = (1-l_ш/d_m)100$ % [1]. Для получения равномерного профиля шва со стабильным проваром без кратеров и дефектов усадочного характера перекрытие точек принимается большим половины d_m отдельной сварочной точки (рис. 1, а,б). При импульсной дуговой сварке, в отличие от сварки пульсирующей дугой, величина перекрытия существенно влияет на качество формирования шва и сварного соединения: малое перекрытие гарантирует отсутсвие непроваров между соседними точками, а большое – к появлению прожогов и увеличению деформации деталей по мере увеличения перегрева металла.

Эти параметры связаны с шириной шва $b_ш$, глубиной проплавления, перемешиванием сварочной ванны и тепловложением. При этом для импульсной сварки, зачастую высокочастотной, осуществляемой на постоянной скорости сварки, характерна эллипсоидная сварочная ванна (рис. 1,а), а для сварки пульсирующей дугой – конусообразная с $b_ш = d_m$ (рис. 1,б). Это определяется тем, что при сварке пульсирующей дугой во время возбуждения сварочного импульса происходит остановка движения горелки. При этом тепловое поле относительно создаваемой точки распространяется симметрично ее центральной оси, в том числе и по стыкуемым кромкам.

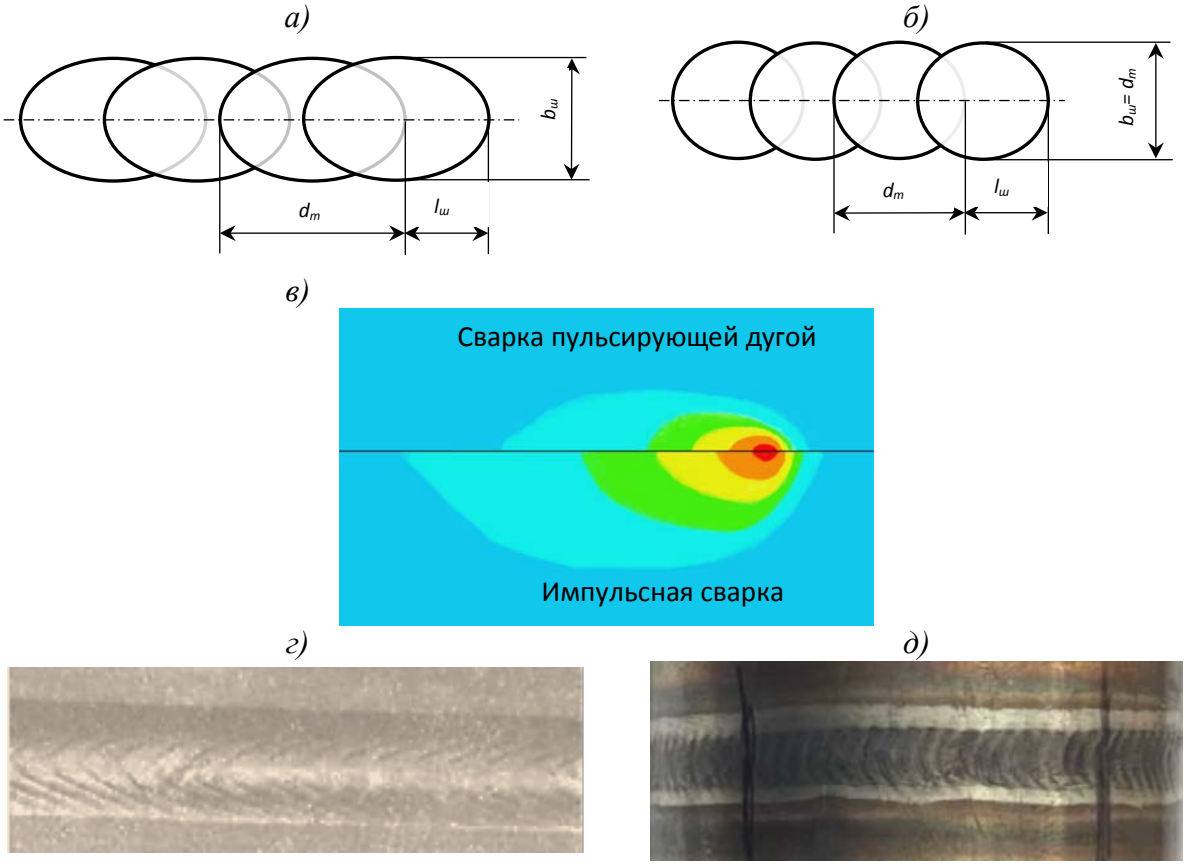


Рис. 1. Схема формирования шва при импульсной сварке (а) и сварке пульсирующей дугой (б), результат моделирования тепловых полей при их использовании (в) и внешний вид получаемых швов (г, д)

Общее время цикла импульсной сварки τ может быть определено как $\tau = \tau_и + \tau_п$, где $\tau_и$ – продолжительность импульса; $I_и$ – величина тока во время импульса; $\tau_п$ – время между последовательными импульсами; $I_д$ – величина тока дежурной дуги.

Проплавляющую способность импульсной дуги при заданных энергии импульса и длительности цикла может определяться выражением: $G_p = \tau_п/\tau_и$ – называемым «жесткость» (скважность) режима. Чем выше G_p тем больше размеры шва.

Величина среднего сварочного тока $I_{св} = (I_и\, \tau_и + I_д\, \tau_п)/\tau$, при этом следует учитывать, что с повышением $I_{св}$ размеры шва изменяются в большей степени, чем с увеличением $\tau_и$.

Из-за склонности свариваемых сплавов к росту зерна режимы сварки выбирают так, чтобы получить наименьшее перекрытие точек шва и минимальную жесткость режима сварки [2].

В [1] отмечено, что режимы импульсной сварки существенно влияют на величину остаточных сварочных напряжений. Так, увеличение G_p за счет уменьшения $\tau_и$ приводит к понижению остаточных напряжений, а за счет увеличения $\tau_п$ – к их повышению, так как с увеличением $\tau_п$ возрастает расстояние между точками, следовательно, кристаллизация и усадка металла происходят с большей скоростью и теплоотводом, т. е. условия кристаллизации становятся более жесткими. В то же время, для сварки пульсирующей дугой $\tau_п$, не играет решающей роли в размерности проставляемой точки, а дежурная низкоамперная дуга служит сдерживающим критерием для скорости охлаждения сварочной ванны, снижая вероятность образования закалочных структур и обуславливает снижение остаточных напряжений.

По данным работы [3], применение пульсирующей дуги для сварки трубопроводных систем из стали 12Х18Н10Т, толщиной 1 мм позволило достигнуть 99 % предела прочности от основного металла, величины зерна металла шва соразмерную с основным металлом, стабилизированной микротвердости в поперечном сечении шва.

Перспективным развитием сварки пульсирующей дугой [3] является возможность ее применения для толстостенных соединений без разделки кромок путем заглубления (перемещения по оси Z) электрода в момент паузы для действия сварочного тока. Такая реализация позволяет достигнуть эффекта образования сварочной ванны, характерной для ЭЛС. Проплавляющую способность можно повысить применением смеси аргона с гелием. Этот же метод может быть реализован и при сварке тонкостенных деталей путем наклона электрода в противоположную направлению движения горелки сторону. Вытесняемый жидкий металл в направлении ранее сформированной точки (при наличии подкладки в коревой области шва), формируется на его фронтовой части, образуя чешуйку усиления без применения сварочной проволоки. Этот способ сварки малокритичен к величине зазора в стыке и смещению кромок. Так же перспективным является совмещение сварочного импульса с импульсом подачи сварочной проволоки.

К достоинствам импульсной сварки обычно относят: уменьшение коробления свариваемых тонкостенных листов, резкое сокращение количества дефектов, что позволяет сократить работы по их устранению и снизить общие производственные затраты. Вопрос резкого сокращения количества дефектов весьма спорный, особенно в отношении пористости. Для появления поры недопустимого размера (например, в сварных соединениях трубопроводов ЛА из нержавеющих сталей категории 1, согласно ПИ 1.4.748-80 «Дуговая сварка трубопроводов из нержавеющих сталей в среде инертных газов», при толщине стенки 0,5…0,9 мм – недопустимый размер единичной поры – 0,2 мм (40…20 % от толщины)) необходима коалесценция множества более мелких первичных пор, требующая значительного времени пребывания сварочной ванны в жидком состоянии. Импульсная сварка (в том числе и сварка пульсирующей дугой), особенно высокочастотная, это условие не выполняет, а образующиеся ультрамелкие поры имею размерность ниже порога чувствительности современных рентгенографических методов – 0,1 мм. Исходя из вышесказанного, импульсная сварка не снижает требования к качеству подготовки кромок под сварку, но, применение сварки пульсирующей дугой, способствует прогреву большего участка собранных под сварку кромок перед сварочной ванной для дегазации капиллярных загрязнений [4].

Работа выполнена за счёт средств ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» при поддержке НИР № ВН 1/2023 «Разработка алгоритма и исследование процесса программируемого управления формированием сварочного/наплавочного валика (в том числе и в применении аддитивных технологий) на установке автоматической сварки».

Список литературы

1. Металлургия и технология сварки титана и его сплавов [Текст] / С. М. Гуревич, В. Н. Замков, Я. Ю. Компан [и др.]; под редакцией С. М. Гуревича. – Киев: Наукова думка, 1979. – 299 с.

2. Дюргеров Н. Г., Сагиров Д. Х. Определение свойств дуги при импульсных процессах сварки // Сварочное производство. – 2004. – № 4. – С. 14–18.

3. Бахматов, П. В. Влияние режима роботизированной аргонодуговой сварки пульсирующей дугой и среды поддува на структуру и свойства неразъемных соединений тонкостенных труб из нержавеющей стали авиационного назначения / П. В. Бахматов, А. С. Кравченко // Вестник московского авиационного института. – 2022. – Т. 29. – № 3. – С. 231-245. DOI: 10.34759/vst-2022-3-231-245

4. Муравьев, В. И. Доминирующие факторы разделительных операций, вызывающие капиллярную конденсацию загрязнений и дефектность металла шва титановых конструкций / В. И. Муравьев, П. В. Бахматов // Сварка и Диагностика. – 2016. – № 3. – С. 9-15.

Афанасьев Н.О.
студент,
nikita199013@yandex.ru
Научный руководитель: ***Синицын Д.А.***
к.т.н., доцент,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Москва

БЫСТРАЯ ПЕРЕНАЛАДКА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РОБОТОВ

Аннотация. Коллаборативные роботы меняют традиционную переналадку производства, повышая её точность, скорость и безопасность. Интеграция коботов с обрабатывающими центрами позволяет минимизировать остановки, исключить ошибки. Благодаря внедрению новой технологии с помощью разработанной методики, предприятия получают значительные преимущества в плане гибкости, производительности и конкурентоспособности.

Ключевые слова: коллаборативные роботы, роботизация, переналадка, интеграция, методика.

Введение

В условиях динамично развивающегося глобального рынка и перехода к автоматизации производства, одним из ключевых требований к современным промышленным предприятиям становится гибкость. Способность к быстрой переналадке выпускаемой продукции при сохранении высокой производительности и рентабельности является одним из главных конкурентных преимуществ. Однако сложность и длительность процессов переналадки нередко становятся препятствием для достижения оптимальной гибкости. Особенно это видно на проблеме с заказами в машиностроении, которые имеют непостоянных характер и ежегодно возрастают, что приводит к увеличению численности работников на производстве. Особенно это видно в металлообработке на станках с ЧПУ.

Традиционно переналадка связана с ручным трудом операторов, рисками ошибок и травматизма, а также простоем дорогостоящего оборудования. В этой связи актуальной задачей является интеграция в производственные цепочки инновационных автоматизированных решений, способных минимизировать человеческий фактор в рутинных и физически сложных операциях, сократить численность операторов, время перенастройки и повысить ее точность. Перспективным направлением для решения указанных проблем представляется использование коллаборативных роботов (коботов).

Коботы, в отличие от традиционных промышленных роботов, предназначены для безопасного совместного функционирования с человеком в едином рабочем пространстве без дополнительных ограждений. Их программируемость, мобильность, адаптивность и относительная простота интеграции открывают новые возможности для автоматизации этапов переналадки, таких как смена инструмента, установка и снятие заготовок, калибровка и контроль.

Актуальность темы связана с указом президента РФ от 7 мая 2024 года № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» войти в число 25 ведущих стран мира по показателю плотности роботизации [5].

Данная статья ставит своей целью изучить возможности использования коллаборативных роботов для реализации эффективной системы быстрой переналадки высокопроизводительных станков, оценить технологические выгоды от их внедрения, а также разработать методику по оценки использования коботов для переналадки станков с ЧПУ.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Провести обзор и анализ современных коллаборативных роботов, предложив их классификацию по критериям, значимым для задач переналадки (грузоподъемность, зона работы, тип интерфейса взаимодействия).

2. Исследовать технические возможности и методологии подключения коллаборативных роботизированных систем к обрабатывающим центрам с числовым программным управлением (ЧПУ), включая вопросы организации интерфейсов и передачи данных.

3. Выявить и систематизировать ключевые проблемы, возникающие в процессе переналадки высокопроизводительного оборудования, которые могут быть эффективно решены за счет роботизации.

4. Разработать методику по оценки использования коботов для переналадки станков с ЧПУ для предприятий.

5. Обобщить преимущества внедрения коботов в процесс переналадки и сформулировать выводы.

Анализ коллаборативных роботов с классификацией

Коллаборативные роботы (рис. 1) представляют собой особый класс роботизированных манипуляторов, спроектированных для непосредственного физического взаимодействия с человеком в общем рабочем пространстве без применения традиционных защитных ограждений. Их отличие от промышленных роботов заключается в приоритете безопасности, достигаемой за счет комплекса технических решений: встроенных датчиков силы и момента, ограниченной массы и мощности, закругленных конструкций, а также алгоритмов, реагирующих на физический контакт. Для задач быстрой переналадки эти особенности являются ключевыми, так как позволяют интегрировать робота в гибкий производственный процесс, где частые изменения требуют тесного взаимодействия оператора и автоматики.

Рис. 1. Коллаборативный робот Fanuc CRX

С точки зрения применения в переналадке высокопроизводительного оборудования, коботы можно классифицировать по нескольким критериям, определяющим их функциональные возможности (рис. 2).

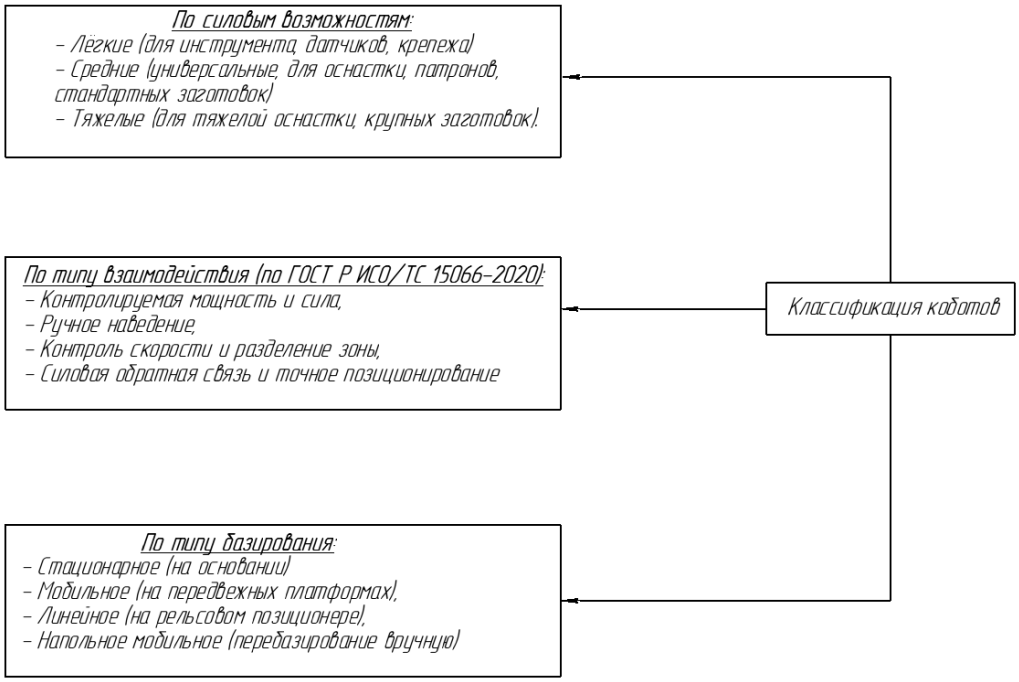


Рис. 2. Классификация колаборативных роботов

Рассмотрим более подробно классификацию колаборативных роботов по типу взаимодействия и по типу базирования.

С точки зрения организации рабочего процесса с оператором, коботы реализуют разные режимы, стандартизованные по ГОСТ Р 60.1.2.3-2021/ISO/TS 15066:2016 [2]. В таблице 1 представлена классификация коботов по типу взаимодействия.

Таблица 1

Классификация коботов по типу взаимодействия

Тип взаимодействия	Принцип работы	Применение в переналадке
Контролируемая мощность и сила.	Встроенные датчики момента обеспечивают мгновенную остановку при контакте с препятствием. Уровни силы и скорости настраиваются.	Основной режим для совместной работы в одной зоне. Позволяет оператору физически корректировать траекторию робота при установке оснастки, останавливать его легким прикосновением.
Ручное наведение.	Оператор физически направляет манипулятор, а система запоминает позиции и траектории для последующего автономного воспроизведения.	Ключевая функция для быстрого программирования новых сценариев переналадки силами технолога-оператора станка без написания кода
Контроль скорости и разделение зоны.	Внешние сенсоры отслеживают положение оператора. Робот замедляется при его приближении и останавливается при входе в критическую зону.	Организация безопасной логистики: мобильный робот перемещает оснастку/деталь/инструмент, замедляясь при приближении к людям, но работая на полной скорости в их отсутствие.
Силовая обратная связь и точное позиционирование	Высокоточные датчики момента позволяют роботу выполнять задачи, требующие дозированного усилия или компенсации неточностей.	Настройка и финальная доводка положения тяжелой или прецизионной оснастки на станке с контролем прикладываемого усилия

Для обслуживания нескольких станков или работы с крупногабаритным оборудованием важен не только сам манипулятор, но и его базирование. В таблице 2 представлена классификация коботов по типу базирования и мобильности.

Таблица 2

Классификация коботов по типу базирования и мобильности

Тип базирования	Преимущества	Ограничения и сфера применения в переналадке
Стационарное (на основании)	Максимальная жесткость и точность позиционирования. Простота интеграции и калибровки.	Ограниченная зона обслуживания. Применяется для автоматизации повторяющихся операций в одной точке (смена инструмента в магазине, подача заготовок в фиксированный загрузчик).
Мобильное (на передвижных платформах)	Максимальная гибкость. Один робот может обслуживать несколько разнесенных станков, подвозя оснастку и инструмент.	Снижение итоговой точности позиционирования, необходимость в системе компенсации (машинное зрение, механические кондукторы). Сложнее интеграция и выше стоимость. Оптимально для гибких производственных ячеек.
Линейное (на рельсовом позиционере)	Значительное увеличение рабочей зоны при сохранении высокой точности и жесткости.	Высокая стоимость и сложность монтажа. Ограничение движения одной осью. Применяется для обслуживания длинных производственных линий или нескольких станков, установленных в ряд.
Напольное мобильное (перебазирование вручную)	Низкая стоимость, возможность быстрой переналадки расположения самого робота под новые задачи.	Низкая автономность, требуется ручное перемещение и повторная калибровка. Для нерегулярных или опытных работ.

Подключение коллаборативных роботов к обрабатывающим центрам

Успешная интеграция коллаборативного робота в процесс переналадки высокопроизводительного оборудования, в первую очередь, многоосевых обрабатывающих центров, требует создания надежного интерфейса связи. Подключение должно обеспечивать не только физическое взаимодействие, но и синхронизацию управляющих программ, обмен статусами и командами в режиме реального времени. Для сложных систем, таких как пятикоординатные станки, этот процесс имеет критическое значение из-за необходимости учета позиций поворотных осей и обеспечения максимальной точности позиционирования оснастки.

Подключение реализуется через несколько уровней взаимодействия:

1. Уровень цифровых сигналов ввода и вывода. Наиболее распространенный и базовый метод. Между контроллером станка с ЧПУ (например, Fanuc, Siemens, Heidenhain) и контроллером кобота прокладывается кабель связи, объединяющий релейные модули или прямо подключаемый к портам ввода/вывода. Сигналы низкого напряжения используются для передачи простых команд: «Станок готов к переналадке», «Робот завершил установку», «Аварийная остановка».

2. Сетевой промышленный уровень. Обеспечивает более высокоуровневый и информативный обмен данными. Используются стандартные промышленные протоколы [4]:

- PROFINET, EtherNet/IP: Позволяют интегрировать контроллер робота как ведомое устройство в сеть станка, обмениваясь не только сигналами, но и параметрами (например, актуальные координаты оси C поворотного стола).
- Modbus TCP: Универсальный протокол, часто поддерживаемый как ЧПУ, так и роботами для чтения/записи данных в регистры.

- OPC UA: Становится стандартом для безопасного, независимого от платформы обмена данными. Позволяет сложным системам публиковать и корректировать данные (состояние, координаты, команды) в едином информационном пространстве.

3. Уровень прямого управления: Некоторые производители предлагают готовые, оптимизированные решения. Например, коботы FANUC CRX могут подключаться к станкам FANUC через выделенный интерфейс FANUC iRPickTool, что обеспечивает максимально тесную интеграцию и упрощенное программирование прямо в интерфейсе ЧПУ.

Для подключения кобота к станку так же необходимо:

1. Единая система координат. Привязка баз робота и станка в единую систему координат с помощью процедуры калибровки (часто с использованием лазерного трекера или машинного зрения).

2. Обратная связь и диагностика. Обмен должен включать не только команды, но и статусы (исправность, ошибки, загрузка), что реализуется через OPC UA-серверы, обеспечивая основу для предиктивного обслуживания.

3. Безопасность. Помимо коллаборативных функций самого робота, обязательна интеграция аварийных цепей между контроллерами, а также использование безопасности по стандарту PROFIsafe при сетевом подключении.

Приведём схему подключения на примере пятикоординатного обрабатывающего центра.

Интеграция кобота с пятикоординатным станком (например, конфигурации 3+2 или с непрерывной обработкой) требует учета дополнительных переменных – углов поворота рабочих столов (оси A/C) или шпинделя (оси B). Схема подключения (рис. 3) строится на комбинировании аппаратных и сетевых интерфейсов для обеспечения синхронизации.

В основе архитектуры системы лежит программируемый логический контроллер (ПЛК), выполняющий функции координации взаимодействия между станком и коботом посредством дискретных сигналов и промышленных сетевых протоколов. Такой подход с разделённым управлением обеспечивает последовательность операций без ущерба для производительности технологического процесса. Рабочий цикл функционирования ячейки реализуется в виде повторяющейся последовательности и включает следующие этапы:

I. Завершение технологического цикла и готовность станка. По окончании операции обработки – как в режиме позиционирования 3+2, так и в режиме непрерывной пятиосевой интерполяции – контроллер ЧПУ формирует дискретный сигнал, подтверждающий завершение обработки. Одновременно, если станок оснащён автоматическим приводом дверцы, активируется её открытие.

II. Разрешение на выгрузку. ПЛК проверяет условия безопасности: отсутствие аварийных состояний, подтверждённое открытое положение дверцы и готовность робота. При выполнении всех условий ПЛК активирует сигнал, разрешающий коботу вход в рабочую зону станка.

III. Выгрузка обработанной детали. Коллаборативный робот перемещается к приспособлению, захватывает готовую деталь с помощью концевого эффектора (вакуумного или электромеханического захвата) и транспортирует её в зону выгрузки (лоток, палета или конвейер). Успешное завершение операции подтверждается сигналом.

IV. Загрузка новой заготовки. ПЛК проверяет наличие заготовки во входном буфере с использованием датчиков присутствия и выдаёт сигнал. Кобот извлекает новую заготовку и устанавливает её в рабочее приспособление с точностью позиционирования, как правило, не хуже ±0,1 мм, достигаемой за счёт встроенного датчика усилия/момента или систем технического зрения. Успешная установка подтверждается сигналом.

V. Отвод робота и запуск нового цикла. Кобот возвращается в исходную (безопасную) позицию, формируя сигнал. ПЛК, убедившись, что робот находится за пределами охраняемой зоны станка, инициирует закрытие дверцы (при наличии привода) и подаёт команду запуска нового цикла в контроллер ЧПУ – например, через дискретный вход или М-функцию. После этого обрабатывающий центр приступает к следующему циклу обработки.

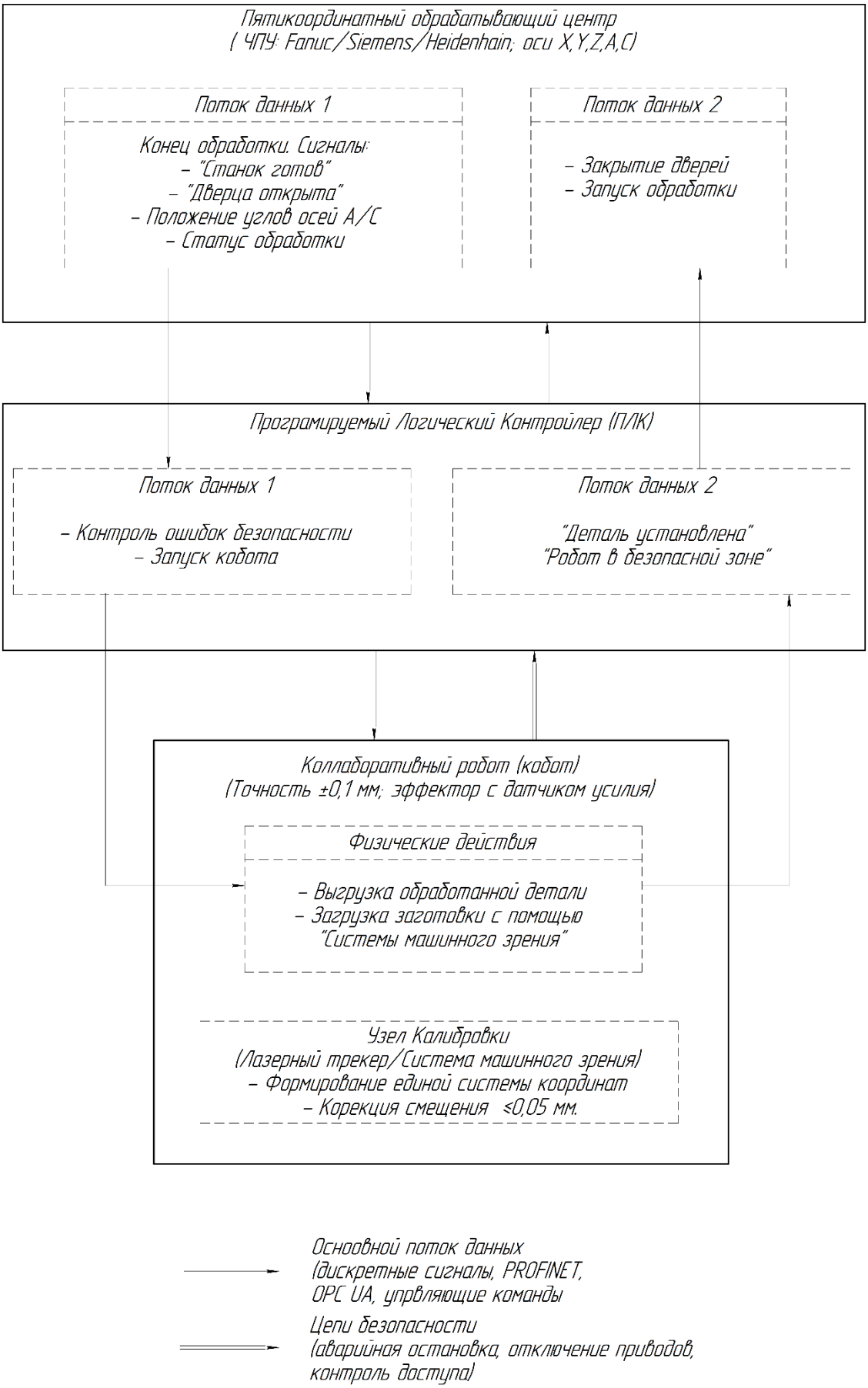


Рис. 3. Схема подключения коллаборативного робота к пятикоординатному обрабатывающему центру

Подключение коллаборативного робота к многоосевому обрабатывающему центру является комплексной задачей, успешное решение которой лежит в комбинации надежных дискретных сигналов для синхронизации и высокоуровневых промышленных сетей для обмена данными. Схема подключения для пятикоординатного станка обязательно должна включать канал передачи данных об углах поворотных осей, что обеспечивает необходимую точность и позволяет создать полностью автоматизированный, безопасный и гибкий цикл переналадки.

Выявление и систематизация ключевых проблем, в процессе переналадки, решаемые за счет роботизации

Основной трудностью при переналадке выступает её ручной характер, нарушающий принцип непрерывности производства и снижающий эффективность высокоскоростного автоматического оборудования. Применение коллаборативных роботов представляется оптимальным решением, позволяющим сделать этот этап гладким, согласованным и постоянным процессом благодаря таким особенностям, как безопасность взаимодействия с людьми, лёгкость изменения программы и высокая адаптируемость. Анализ технологии позволил выявить ряд ключевых проблем, эффективное преодоление которых достигается посредством внедрения коллаборативной робототехники:

1. Возникновение сбоев в непрерывности и равномерности производственного цикла. Операции загрузки и выгрузки, проводимые вручную, характеризуются разной продолжительностью, обусловленной влиянием человеческого фактора, и осуществляются строго одно за другим, неизбежно формируя технологические перерывы. Вследствие этого становится невозможным сохранение устойчивого рабочего ритма, что вызывает простой активной техники, ожидающей участия оператора.

2. Обеспечение безопасности и снижение рисков травматизма в рабочей зоне. Необходимость работы оператора в непосредственной близости от движущихся частей станка для установки и снятия заготовки сопряжена с риском травматизма. При работе с тяжелыми или крупногабаритными деталями добавляются риски мышечно-скелетных заболеваний.

3. Низкая точность и повторяемость ручного базирования. Фиксация заготовки в приспособлении визуальным методом или простыми механическими ограничителями вызывает неточности размещения, что формирует появление дефектов изделий, износ инструмента и необходимость многократных доработок, дополнительно затягивая процедуру переналадки.

4. Отсутствие гибкости и значительная продолжительность перепрограммирования при изменении детали. Переход на новое изделие требует от оператора запоминания новой последовательности действий и методов установки, что ведет к увеличению времени переналадки и риску ошибок. Традиционная роботизация часто не решает эту проблему из-за сложности и длительности программирования.

5. Отсутствие обратной связи. Ручные операции, как правило, не оставляют цифрового следа. Факт и корректность выполнения этапа не фиксируются автоматически, что исключает возможность оперативного контроля, прогностического моделирования и интеграции в системы для точного планирования.

Систематизация проблем и соответствующих решений на базе коллаборативных роботов, представлена в таблице 3.

Таблица 3

Систематизация ключевых проблем переналадки и их решений с применением коботов

Ключевая проблема	Проявление в процессе загрузки и выгрузки	Решение на базе коботов	Технологический и экономический эффект
Возникновение сбоев в непрерывности и равномерности производственного цикла.	Последовательные операции, паузы, переменный темп работы оператора.	Внедрение кобота среднего класса с двойным захватом. Режим контролируемой мощности и силы обеспечивает работу в общем пространстве без полной остановки смежных процессов.	Совмещение выгрузки и загрузки в одном подходе. Синхронизация с циклом станка через ПЛК. Сокращение вспомогательного времени, обеспечение ритмичного такта.

Окончание таблицы 3

Ключевая проблема	**Проявление в процессе загрузки и выгрузки**	**Решение на базе коботов**	**Технологический и экономический эффект**
Обеспечение безопасности и снижение рисков травматизма в рабочей зоне.	Работа человека в опасной зоне, физические перегрузки.	Применение кобота в режиме контролируемой мощности и силы (стандарт ГОСТ Р ИСО/ТС 15066 [2].). Использование моделей с высокой грузоподъемностью для тяжелых заготовок.	Полное устранение персонала из опасной зоны на время выполнения операций. Снижение травматизма и профзаболеваний.
Низкая точность базирования.	Ошибки ручного позиционирования, необходимость юстировки.	Оснащение кобота системой технического зрения и силовой обратной связью.	Автоматическое распознавание и адаптивное позиционирование заготовки с точностью до ±0.1 мм. Устранение этапа ручной регулировки.
Негибкость при смене изделий	Длительное обучение оператора, сложное перепрограммирование.	Использование функции ручного наведения. Быстрое «обучение» робота новым траекториям силами самого оператора-наладчика.	Повышение гибкости производства.
Отсутствие обратной связи.	Отсутствие автоматической фиксации и подтверждения операций.	Интеграция контроллера кобота с ЧПУ станка и верхнеуровневой системой через промышленные сети. Использование датчиков на захвате для подтверждения факта захвата и установки.	Автоматическая регистрация событий, формирование цифрового следа, повышение прозрачности и управляемости процесса.

Для демонстрации восстановления непрерывности цикла с помощью коллаборативного робота приведём пример на деталях «Деталь-1» и «Деталь-2».

Используемое оборудование: коллаборативный робот (FANUK CR-35iA), два обрабатывающих центра (Sprint MCV 1000 5AX).

Время работы на 1 ед. оборудования в год (человека час):

Исходные данные представлены в таблице 4.

Таблица 4

Исходные данные

Категория	**Время, ч**
1 смена	1984 часов
2 смена	1757 часов
3 смена	1777 часов
Отпуск	224 часа в год
Время на отдых в смену	349,9 часа в год (3 раза по 15 минут и обед 45 мин в течении 8 рабочих часов)

Общее время работы оборудования при управлении человеком:

1я смена 1984-224-349,9=1390,1 часа

2я смена 1757-224-349,9=1183,1 часа

3я смена 1777-224-349,9=1203,1 часа

Итого время работы на 1 ед. оборудования в год (человека час) в 3 смены составит 3776,3 ч.

Время работы на 1 ед. оборудования в год (робота час):

Плановая диагностика робота представлена в таблице 5.

Таблица 5

Плановая диагностика робота

Переодичность	Описание	Время, мин
Раз в неделю	Внешний осмотр	30 мин
	Проверка затяжки болтов	30 мин
	Визуальный осмотр на перегрев элементов суставов робота	90 мин
Раз в месяц	Проверка изоляционных колец	30 мин
	Чистка фильтров контроллера	30 мин
Раз в полгода	Проверка электрической части ячейки	90 мин
	Проверка повторяемости робота	60 мин
	Проверка плавности движения и наличия посторонних шумов	60 мин

Время работы на 1 ед. оборудования в год (робота час) в 3 смены составит 4997,2 часа.

Из расчета видно, что увеличение производительности составит 1220,9 часа (рис. 4).

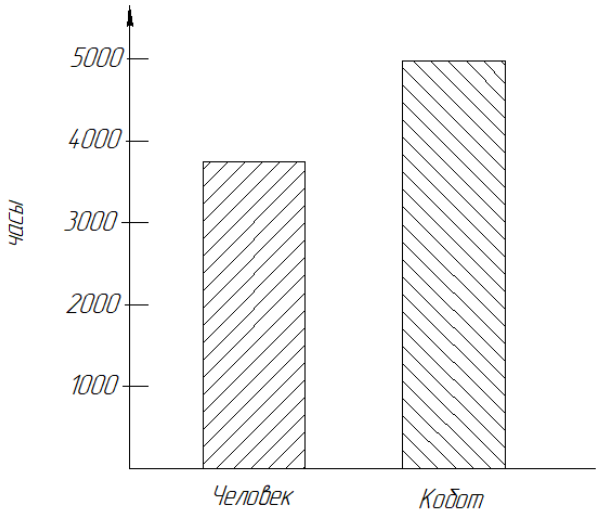


Рис. 4. Сравнение времени работы на 1 ед. оборудования в год

Проведенный анализ и систематизация ключевых проблем, возникающих при ручной переналадке высокопроизводительного оборудования, подтвердили, что внедрение коллаборативных роботов позволяет эффективно устранять основные технологические и организационные ограничения. Роботизация операций загрузки и выгрузки, базирования и контроля не только минимизирует влияние человеческого фактора, но и преобразует переналадку в управляемый, точный и непрерывный процесс. Расчеты на примере реального оборудования продемонстрировали значительное увеличение производительности (более 1200 часов в год на единицу оборудования) за счет исключения простоев, связанных с ручным трудом. Таким образом, коллаборативные роботы становятся технологическим ядром, обеспечивающим устойчивость, безопасность и ритмичность производственного цикла.

Методика по оценки использования коллаборативных роботов

Для того чтобы понимать, какой именно коллаборативный робот нужно подобрать для переналадки детали на станке с ЧПУ, оценить риски внедрения и обосновать экономическую целесообразность нужно придерживаться определённого алгоритма. Для этого была разработана методика по оценки использования коботов, которая представленная в таблице 6.

Таблица 6

Методика по оценки использования коллаборативных роботов

Этапы оценки	Ключевые исследуемые параметры и показатели	Методы, инструменты и планируемые результаты этапа
Подготовительный анализ и оценка текущего процесса	- Номенклатура и масса обрабатываемых деталей. - Габаритные размеры и тип поверхностей захвата. - Текущее время выполнения операций вручную - Планируемый режим работы (количество смен и т.д.).	Методы: Изучение документации (тех. процесс, карта наладки), замер времени на переналадку и непосредственный визуальный контроль (на простой станка и т.д.). Результат: Создание ТЗ на коботизацию с перечнем требований.
Анализ технической возможности и выбор кобота	- Требуемая грузоподъемность и радиус действия кобота. -Требуемая точность позиционирования (± мм). - Тип и конструкция захватного устройства (гребенчатый, цанговый, вакуумный, электромеханический захват). - Требования к интерфейсу для интеграции с ЧПУ и системой управления. - Наличие и характеристики систем машинного зрения (при необходимости).	Методы: создание виртуальной модели кобота и станка, консультация со специалистами из специализированных компаний, проведение пробных испытаний по подключению. Результат: Утверждённая конфигурация кобота, схема подключения, утверждённый протокол взаимодействия между оборудованием.
Оценка экономической эффективности	- Капитальные затраты [7]: $К = К_р + К_п + К_б + К_у + К_о + К_{пр}$, где: $К_р$ – стоимость кобота, $К_п$ – стоимость подключения, $К_б$ – стоимость системы безопасности, $К_у$ – услуги наладчика по подключению, $К_о$ – обучение, $К_{пр}$ – прочие расходы. - Эксплуатационные расходы [7]: $Э = Э_а + Э_т + Э_э + Э_м + Э_{пр}$, где: $Э_а$ – годовая амортизация, $Э_т$ – тех. обслуживание, $Э_э$ – энергопотребление, $Э_м$ – расходный материал, $Э_{пр}$ – прочие расходы. - Экономия за счет: 1) сокращении времени простоя оборудования:	Методы: расчёт всех приведённых показателей. Результат: приведен пример экономического обоснования с основными финансовыми параметрами (со всеми затратами, экономиями, сроками окупаемости и т.д.)

Этапы оценки	Ключевые исследуемые параметры и показатели	Методы, инструменты и планируемые результаты этапа
	$ЭК_п = (\%_{до} - \%_{после}) \times В_{общ} \times С_ч$, где: $\%_{до}$ и $\%_{после}$ – процент простоя до и после операции, $В_{общ}$ – общее время работы станка, $С_ч$ – стоимость часа простоя. 2) освобождении оператора [6]: $ЭК_о = Р_п \times З_м \times (1 + \frac{С}{100}) \times М)$, где: $Р_п$ – кол-во высвобождающихся работников, $З_м$ – среднемесячная заработная плата одного работника, С – отчисления на социальные нужды М – число месяцев до конца года с момента высвобождении работников. 3) уменьшении количества дефектов [6]: $ЭК_{бр} = \frac{Б_{баз} - Б_{пл}}{100} \times С_п)$, где: $Б_{баз}$ и $Б_{пл}$ – удельный вес потерь от брака в себестоимости продукции в базисном и плановых периодах, $С_п$ – себестоимость продукции. Общая экономия: $ЭК_{общ} = ЭК_п + ЭК_о + ЭК_{бр}$, - Срок окупаемости (дисконтированный) [3]: $DPP = n,$ при котором $\sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t} \geq IC,$ где: CF_t – денежный поток в году t, r – ставка дисконтирования, IC – первоначальные инвестиции, n – минимальный период, за который сумма дисконтированных денежных потоков покрывает инвестиции. - Чистая приведенная стоимость [1]: $NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0$ где: CF_t -денежный поток в периоде t r – ставка дисконтирования t – номер временого периода	

Этапы оценки	Ключевые исследуемые параметры и показатели	Методы, инструменты и планируемые результаты этапа
	n – общее число периодов проекта I_0 – первоначальные инвестиции.	
Оценка эргономических и организационных факторов	- Переквалификация персонала. - Соответствие требованиям безопасности. - Гибкость всей системы.	Методы: разработка курсов по использованию и взаимодействию операторов с коботами, оценка гибкости ПО коллаборативных роботов. Результат: план по переквалификации персонала, повышение гибкости производства.

Следует упомянуть, что данная методика является универсальной и с небольшой переработкой подойдёт для других задач, а также и для промышленного робота, и для других роботизированных комплексов. К примеру, для использования в автоматическом режиме сканирование деталей с помощью 3-D сканеров и т.д.

Обобщение преимуществ внедрения коботов в процесс переналадки

Внедрение коллаборативных роботов в процесс переналадки высокопроизводительного оборудования приносит комплекс технологических, экономических и организационных преимуществ, которые можно систематизировать следующим образом:

1. Повышение операционной гибкости. Коботы легко перепрограммируются методом ручного наведения, что позволяет быстро адаптировать систему под новые детали и оснастку. Это сокращает время переналадки с часов до минут и позволяет предприятиям эффективно реагировать на изменения спроса и номенклатуры.

2. Рост производительности. Автоматизация рутинных операций загрузки, выгрузки и контроля исключает паузы, связанные с утомлением оператора, его отсутствием или ошибками. Оборудование работает в непрерывном цикле, что увеличивает коэффициент использования станков и общую эффективность производства.

3. Улучшение точности и повторяемости. Использование систем машинного зрения, силовой обратной связи и прецизионных датчиков момента обеспечивает точность позиционирования до ±0,1 мм. Это снижает брак, уменьшает износ инструмента и повышает стабильность качества продукции.

4. Повышение уровня безопасности. Режимы контролируемой мощности и силы, а также интеграция с внешними системами безопасности исключают необходимость нахождения оператора в опасной зоне во время работы оборудования. Это снижает риск травматизма и профессиональных заболеваний.

5. Цифровизация и управляемость процесса. Интеграция коботов с ЧПУ и верхнеуровневыми системами через промышленные сети (п.2) создает цифровой след операций, обеспечивает возможность удаленного контроля, диагностики и предиктивного обслуживания.

6. Снижение операционных затрат. Несмотря на первоначальные инвестиции, автоматизация переналадки приводит к значительной экономии за счет сокращения трудозатрат, уменьшения простоев, снижения брака и оптимизации использования материалов и инструмента.

Заключение

В условиях растущих требований к гибкости, производительности и безопасности промышленного производства, автоматизация процессов переналадки становится необходимостью. Проведенное исследование подтвердило, что коллаборативные роботы представляют собой эффективное технологическое решение для преобразования традиционной переналадки в быстрый, точный и управляемый процесс.

Классификация коботов позволяет точно подобрать роботизированную систему под конкретные задачи и параметры оборудования. Технические возможности интеграции с многоосевыми обрабатывающими центрами, включая синхронизацию через промышленные сети и обеспечение единой системы координат, делают внедрение технологически осуществимым и надежным.

Системный анализ проблем ручной переналадки и их решений на базе коботов показал, что роботизация позволяет не только устранить простои, ошибки базирования, риски для персонала, но и создать основу для цифровизации и адаптивности производства.

Разработка методики позволит систематизировать внедрение колаборативных роботов на предприятии, что сократит сроки реализации проектов по автоматизации.

Таким образом, внедрение коллаборативных роботов в систему быстрой переналадки является стратегическим шагом, ведущим к существенному повышению конкурентоспособности предприятия за счет роста гибкости, производительности, точности и безопасности производственных процессов. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оптимизацию алгоритмов взаимодействия в гибких производственных ячейках и интеграцию коботов с системами искусственного интеллекта для полностью автономной переналадки.

Список литературы

1. Бригхэм Ю. Ф. Финансовый менеджмент / Ю. Ф. Бригхэм, М. С. Эрхардт: пер. с англ. под ред. Е. А. Дорофеева. – 10-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2009. – 960 с. – (Академия финансов).
2. ГОСТ Р 60.1.2.3-2021/ISO/TS 15066:2016. Роботы и робототехнические устройства. Требования безопасности для роботов, работающих совместно с человеком. – URL: https://docs.cntd.ru/document/1200180499 (дата обращения: 21.11.2025).
3. Дударева О. В. Экономическая оценка инвестиций: практикум / О. В. Дударева; Воронежский государственный технический университет. – Воронеж: ВГТУ, 2016. – 194 с.
4. Титаев А. А. Промышленные сети: учебное пособие / А. А. Титаев; Министерство науки и высшего образования РФ, Уральский федеральный университет. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2020. – 124 с. – ISBN 978-5-7996-2985-4.
5. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 390 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». – URL: http://www.kremlin.ru/events/president/news/73986 (дата обращения: 21.11.2025).
6. Харченко А. Г. Методические указания для проведения практических занятий по дисциплине «Экономика отрасли» для студентов направления 270100 «Строительство» с профилем специальности 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций». Часть II. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2010. – 27 с.
7. Химиченко А. А. Разработка метода оценки эффективности роботизированных технологических комплексов в промышленности: диссертация кандидата экономических наук: 08.00.05 / Химиченко Андрей Андреевич. – Москва, 2008. – 26 с.

Ивченков Е.Ю.
студент,
vchenkovevgeney@yandex.ru
Научный руководитель: ***Белелюбский Б.Ф.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ, НАПРАВЛЕННЫХ НА УВЕЛИЧЕНИЯ ГОДОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОРТОПРОКАТНОГО СТАНА 280

Аннотация. В работе приводится краткая характеристика непрерывного стана 280 в составе литейно-прокатного комплекса и обследование действующего оборудования нагревательной печи и сортового стана, тепловой баланс нагревательной печи, анализ статей расхода тепла. Расчетные исследования нагрева заготовок в печи, расчеты энергосиловых пара-

метров прокатки. Проведена работа по проверке технической возможности, направленной на обеспечение годовой программы производства арматурного проката.

Ключевые слова: нагревательная печь; тепловизор; газоанализатор литейно-прокатный комплекс.

Актуальность и цель работы

Для принятия решения о возможности и целесообразности дальнейшего увеличения производительности арматурного проката в год, а также оценки уровня действующих в настоящее время технологических нагрузок и их влияния на работоспособность и надежность существующего оборудования, поставлена задача разработки соответствующих практических рекомендаций, основанных на результатах соответствующего обследования оборудования.

Цель работы – проверка технической возможности и разработка рекомендаций, направленных на повышение годовой программы производства арматурного проката.

В работе проведены расчетные исследования нагрева заготовок в печи, исследовано влияние нагрева на энергосиловые параметры прокатки.

Анализ статей расхода и прихода тепла

В ходе теплотехнического обследования выполнен визуальный осмотр печи, системы отопления, включая горелочные устройства, газо- воздухопроводы с установленной запорной и регулирующей арматурой и рекуператор.

При измерениях температуры наружных поверхностей печи был использован тепловизор Testo 875.

Выявлено, что температуры наружных поверхностей печи довольно высокие, особенно локальные зоны пода печи и свода, в области горелочных камней перепад температур составляет от 45 до 254 градусов цельсия

Очевидно, имеет место повреждение футеровки. Что снижает К.П.Д. печи, повышает удельный расход топлива на нагрев металла.

Статьи расхода в тепловом балансе печи

При выполнении обследования печи были проведены анализы отходящих дымовых газов, потери с уходящими газами: – 3465,5 кВт

Потери теплоты излучением через открытые окна: -14,2 квт

Суммарная потеря тепла через кладку составит: – 727,6 кВт

Увеличение производительности печи LOI

Увеличение производительности печи в общем случае возможно при увеличении длины печи, изменении раскладки металла на поду или увеличении температуры в печи. Рассмотрим вариант при изменении раскладки металла в печи.

В нашем случае изменить длину печи при существующей компоновке печи, прокатного стана и другого оборудования в цехе не представляется возможным, рассмотрим варианты раскладки заготовок в печи.

Расчетные исследования нагрева заготовок

Изменение времени нагрева при изменении раскладки металла (изменения расстояния между заготовками, лежащими на поде).

Как видно из графика, существующее в настоящее время расстояние между заготовками 75 мм является оптимальным. Уменьшение расстояния приведет к резкому росту времени нагрева, а увеличение практически не скажется на изменении времени нагрева.

Расчеты температур центра, поверхности и времени нагрева заготовок

Были проведены расчеты для определения времени нагрева заготовок, температуры в центре и на поверхности заготовок для указанной производительности печи, отличающихся от существующих в технологической карте.

Поскольку единовременно нагреваться в печи могут только 33 заготовки, а темп выдачи заготовки при заданной производительности будет Т=60/39=1,54 минуты/шт. Значит, для

обеспечения производительности 56 т/ч надо греть каждую из 33 заготовок, лежащих на поду τ=33х1,54=50,7 минут. Были проведены расчеты аналогично описанному выше для определения времени нагрева заготовок, температуры в центре и на поверхности заготовок для указанной производительности при температурах в печи, отличающихся от существующих в технологической карте.

Рассмотрим, как заготовка прогревается по сечению при различных разных начальных температур перед посадом. Для обеспечения производительности 56 т/ч надо греть каждую из 33 заготовок, лежащих на поде τ=33х1,54=50,7 минут.

Расчет нагрева холодных и горячих заготовок при увеличении производительности печи до 56 т

Расчеты показывают, что при посаде горячих заготовок с температурой 750 ^{0}С если мы увеличим температуру в печи до 1170 ^{0}С (режим 5) заготовка успевает прогреться до требуемой температуры даже раньше расчетного времени, при этом перепад температур между центром и поверхностью заготовки составит 20 ^{0}С,

Заготовка с температурой на посаде 350 ^{0}С (режим 2) успевает нагреться до заданной температуры поверхности, однако при этом режиме, центр заготовки на выдаче отстает от температуры поверхности на 27 ^{0}С

Так при температуре теплой заготовки на посаде 350 ^{0}С и температуре в печи 1175 ^{0}С заготовка нагреется за допустимое время 49,7 мин до температуры на поверхности 1133 ^{0}С, а в центре – до 1123 ^{0}С, т.е. перепад по сечению составит всего 10 ^{0}С (режим 3).

Для нагрева холодной заготовки необходимо еще больше поднять температуру в печи – до 1250 ^{0}С. Что является максимально допустимой температурой по паспортным характеристикам данной печи, и может сократить срок службы футеровки печи и значительно повысит окалинообразование. Так же расчетные значения перепада температур могут отличаться от фактических это ведет к увеличению усилий на механизмы прокатного стана и их возможным поломкам.

Обследование текущих значений энергосиловых параметров процесса прокатки

Измерения проводились с помощью тензорезисторов, тензодатчиков, датчиков крутящего момента, датчиков перемещения и других первичных преобразователей, подключенных к тензометрическим системам.

Результаты сравнительного расчета момента прокатки заготовки сечением 125х125 мм для первых 3-х технологических случаев

Пример моделирования процесса прокатки проведен для 1-й клети черновой группы с заготовкой сечением 125х125 мм, при различных распределениях температуры по ее сечению, получены следующие результаты.

В первом случае (температура по толщине заготовки распространяется равномерно и равна 1150°С) статический момент прокатки составляет –104кНм.

Во втором случае (температура по толщине заготовки распространяется равномерно и равна 1050°С) статический момент прокатки составляет –146,5кНм.

В третьем варианте (температура по толщине заготовки изменяется от 1040°С на поверхности до 1027,5°С в центре заготовки – перепад температуры равен 12,5°С) статический момент прокатки составляет –155кНм.

В четвертом варианте при прокатке с «неравномерным прогревом» заготовки (температура по толщине заготовки изменяется от 1070°С на поверхности до 1055°С в центре заготовки – перепад температуры равен 15°С) статический момент прокатки составляет –140 кНм.

В пятом варианте при прокатке с «неравномерным прогревом» заготовки температура по толщине заготовки изменяется от 1040°С на поверхности до 985°С в центре заготовки – перепад температуры равен 55°С расчетный предельный случай при посаде холодной заготовки) статический момент прокатки составляет ~165кНм. Наибольший момент прокатки, 156кНм первая клеть.

Анализ графиков позволяет сделать выводы о наличии динамической составляющей момента прокатки в моменты захвата, увеличивающей нагрузку на привод и проявляющееся на

тех или иных клетях. В качестве критерия такого увеличения применим понятие коэффициента динамичности Кд, определяемого как отношение максимальной и статической нагрузки. В данном случае, на основании графиков приняты следующие значения коэффициентов динамичности: для клетей 1-4 Кд=1,2; для клетей 5-6 Кд=1,5; для клетей 7-12 и 13-18 Кд=1,7.

По результатам расчетам можно видеть, что при задаче в клети недогретых заготовок максимальные моменты прокатки превышают или близки к допустимым в клетях 1Г, 3Г, 5Г, 6В (черновая группа) и 15Г-16Г (чистовая группа).

Значительное превышения по допустимой нагрузке зафиксированы на клети 3Г, что также подтверждается результатами обследования и имеющихся статистических данных по выходу из строя элементов редуктора.

Выводы

1. Доказано, что увеличение производительности до 56 т/ч на существующей нагревательной печи с шагающим подом возможно, без применения смешанного посада заготовок.

2. Доказано, что система отопления печи, включая горелочные устройства, дутьевой вентилятор, рекуператор обеспечит работу печи с увеличенной производительностью в диапазоне допустимых характеристик указанного оборудования.

3. Установлено, что для устойчивой работы прокатного стана с производительностью 56 т/ч необходимо внести изменения в технологическую карту, увеличивая температуру в печи в соответствии с расчетными данными согласно слайд 10 (режим 5).

Список литературы

1. Расчёты нагревательных и термических печей: справочник / С. Б. Василькова, М. М. Генкина, В. Л. Гусовский [и др.]; под ред. В. М. Тымчака, В. Л. Гусовского. Москва, Металлургия, 1983.

2. Теплотехнические расчёты металлургических печей: учебное пособие / Б. Ф. Зобнин, М. Д. Казяев, Б. И. Китаев [и др.]; науч. ред. А. С. Телегин. 2-е изд., Москва, Металлургия, 1982.

3. Сычков, А. Б. Технологические особенности производства арматурного проката широкого назначения: монография / А. Б. Сычков, М. А. Жигарев, А. В. Перчаткин; Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г. И. Носова», 2006.

4. Методика расчёта нагревательных и термических печей: учебно-справочное пособие / В. М. Сегал. – Москва: Теплотехник, 2004.

5. Технологические задачи теории пластичности (методы исследования)/ В. М. Сегал. Минск, 1977.

Беляев А.В.
студент
belyaev.artem3.0@yandex.ru
Научный руководитель: ***Аббясов В.М.***
к.т.н., доцент
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАКУУМНЫХ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ МАНИПУЛЯТОРОВ ПРИ СОРТИРОВКЕ ПОСЫЛОК

Аннотация. В статье рассматривается вопрос автоматизации процесса сортировки посылок и их перемещения с конвейера на паллет. Для решения поставленной задачи предложено использовать промышленного робота-манипулятора, оборудованного вакуумным захватным устройством. Проведен сравнительный анализ современных моделей роботов-манипуляторов, на основе которого выбрано оптимальное решение. Выполнены расчёты

усилия захвата и удержания посылок различных габаритов и массы в процессе их перемещений. Основным результатом работы является разработанная и испытанная конструкция вакуумного захвата робота-манипулятора.

Ключевые слова: автоматизация сортировки; логистика; посылки; робот-манипулятор; вакуумный захват.

В рамках научно-технической работы по разработке собственных решений в области складской логистики АО «ЩЛЗ» начал разработку автоматизированной системы сортировки и перемещения посылок с различными товарами и грузами с конвейера на паллет для дальнейшей логистики. Актуальность данной разработки обусловлена необходимостью повышения производительности складских операций и минимизации ошибок, связанных с человеческим фактором при сортировке возрастающих потоков грузов.

Для автоматизации процесса перемещения картонных коробок с конвейера на паллет было предложено использовать промышленный робот.

На первом этапе работ был проведен сравнительный анализ промышленных роботов, представленных на международном рынке. Сравнение осуществлялось по ряду ключевых параметров, включающих грузоподъемность, вылет, повторяемость позиционирования, скорость перемещения.

Сортировка посылок начинается с этапа идентификации: на входном участке конвейерной линии расположен портал с камерами машинного зрения, которые считывают QR-код, нанесенный на одну из сторон посылки. Считанная информация поступает в управляющую систему, которая определяет, какой из роботов, установленных на линии, должен выполнить захват и перемещение данной посылки на целевую паллету. Сформированная паллета в дальнейшем перемещается погрузчиком для последующей транспортировки или хранения (рис. 1). Количество роботов в роботизированной линии сортировки варьируется и зависит от требуемой производительности линии и количества направлений.

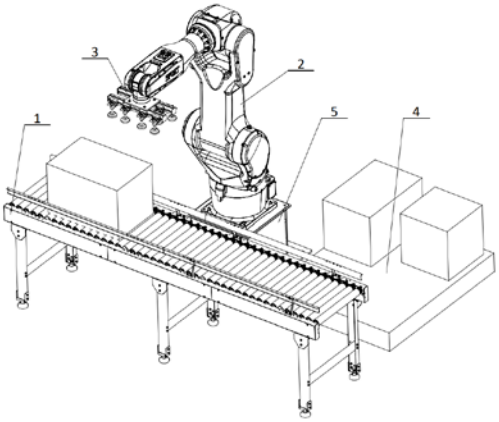


Рис. 1. Робототехнический комплекс по сортировке посылок:
1 – конвейер, 2 – робот манипулятор, 3 – вакуумный схват, 4 – паллет для посылок,
5 – платформа для установки робота манипулятора

Одним из ключевых элементов манипулятора промышленного робота является захватное устройство. Вакуумные захватные устройства являются наиболее распространенным типом оснастки для удержания и перемещения штучных грузов. Их широкое применение обусловлено способностью эффективно взаимодействовать с изделиями из различных материалов, а также там, где использование механических (клещевых) захватов затруднено или невозможно из-за риска повреждения поверхности или отсутствия удобных точек приложения силы.

Применительно к условиям решаемой задачи, которая характеризуется широкой номенклатурой типоразмеров посылок и жесткими требованиями к сохранности груза, применение вакуумного захвата является наиболее оптимальным техническим решением. Отсутствие механического сжатия позволяет избежать деформации картонных коробок, а использование присосок, адаптированных под пористую поверхность картона, обеспечивает надежную фиксацию.

Проектированию конструкции вакуумного захвата предшествовал анализ специализированной технической литературы и нормативных документов. В частности, были изучены методические указания и инженерные рекомендации по расчету вакуумных схватов, разработанные ведущими мировыми производителями компонентов пневматических систем и вакуумной техники – компаниями Camozzi и Schmalz. Использование данных рекомендаций позволило системно подойти к расчету ключевых узлов проектируемого захвата.

На основе выполненных расчетов был произведен подбор основного оборудования (вакуумных присосок, генераторов вакуума (эжекторов), пневматической арматуры и датчиков контроля), что обеспечило соответствие разрабатываемой конструкции заданным технологическим параметрам и требованиям надежности.

При перемещении груза с ускорением на него действуют силы инерции. Для предотвращения сдвига коробки относительно присосок необходимо учитывать силу трения. Теоретическая сила удержания F_{TH} (суммарное усилие, создаваемое всеми присосками для надёжной фиксации груза) рассчитывается по формуле

$$F_{TH} = m \cdot \left(g + \frac{a}{\mu}\right) \cdot S, \quad (1)$$

где m – масса груза, кг; g – ускорение свободного падения, м/с^2, a – максимальное ускорение робота, м/с^2, μ – коэффициент трения, S – коэффициент безопасности.

Полученное значение является минимально необходимым суммарным усилием присасывания, которое должен обеспечить проектируемый схват для гарантированного удержания груза массой 30 кг в динамическом режиме.

Учитывая свойства объекта, выбираем круглые сильфонные присоски. Материал присосок – нитрил-бутадиеновый каучук (NBR). Данный материал обладает хорошей износостойкостью и обеспечивает достаточный коэффициент трения о картон.

Требуемое усилие присасывания для одной присоски F_S составит

$$F_S = \frac{F_{TH}}{n}, \quad (2)$$

где n – количество присосок.

Эффективное усилие присасывания одной присоски зависит от площади её контакта и создаваемого вакуума. Эффективная площадь присоски A определяется из соотношения

$$A = \frac{F_S}{P_v} \cdot c, \quad (3)$$

где P_v – давление вакуума в системе; с – коэффициент формы (для круглых присосок c = 1,0).

Диаметр одной присоски d (для круглой формы) рассчитывается по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}, \quad (4)$$

В соответствии с размерным рядом производителей вакуумного оборудования, выбираем стандартную присоску.

Для обеспечения быстрого срабатывания захвата в условиях короткого цикла работы целесообразно применение вакуумного эжектора. Эжекторы, работающие от сжатого воздуха, обеспечивают высокую скорость разряжения воздуха непосредственно в зоне присосок.

Необходимая производительность (расход) вакуумного генератора V зависит от количества присосок и интенсивности всасывания, требуемой для одной присоски Vs

$$V = n \cdot Vs, \quad (5)$$

Разработанное вакуумное захватное устройство предназначено для установки на фланец робота-манипулятора и обеспечивает надежное удержание посылок в процессе их перемещения с конвейера на паллет. Общий вид конструкции представлен на рисунке 2.

Основой для монтажа всех элементов служит композитная (TITAN GF-12) монтажная плита 1 (рис. 3), которая непосредственно крепится к фланцу робота-манипулятора. К плите при помощи болтовых соединений закреплены несущие элементы – алюминиевые профили 2. Торцы профилей закрыты защитными заглушками 3, предотвращающими попадание пыли и загрязнений внутрь конструкции.

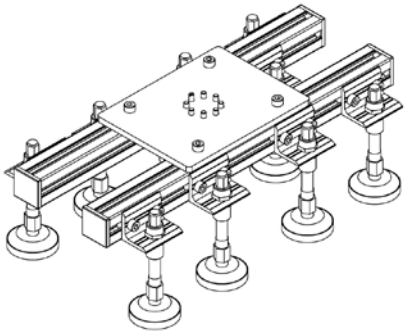


Рис. 2. Общий вид разработанного вакуумного захвата

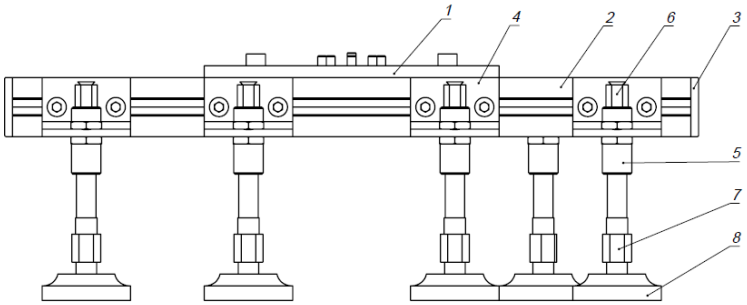


Рис. 3. Устройство вакуумного захвата

Для крепления рабочих органов – вакуумных присосок – на профилях установлены алюминиевые уголки 4. На данные уголки посредством резьбовых соединений закреплены пружинные плунжеры 5.

Пневматическая система захвата включает в себя следующие компоненты: фитинги 6 для подключения гибких шлангов, клапаны сохранения вакуума 7, установленные непосредственно перед каждой присоской. Вакуумные присоски 8, непосредственно контактирующие с поверхностью посылки. Тип присосок выбран с учетом свойств материала (гофрокартон) и шероховатости поверхности.

Функциональной основой захвата является внешний источник вакуума – вакуумный эжектор, работающий по принципу Вентури и закону Бернулли. В результате в пневматической системе от эжектора до присосок создается разрежение воздуха (вакуум). Управление циклом «захват-удержание-отцепление» осуществляется электромагнитным пневматическим клапаном. Для отцепления клапан переключается, выравнивая давление в пневматической системе с атмосферным, за счёт чего давление в присосках нормализуется, и посылка освобождается.

В ходе испытаний вакуумный захват успешно выполнил захват и перемещение посылок массой до 30 кг на паллет, полностью соответствуя заданным режимам эксплуатации (рис. 4, 5).

Рис. 4. Вакуумный захват на роботе-манипуляторе

Рис. 5. Перемещение посылки весом 25 кг

Предлагаемая конструкция вакуумного захвата, разработанная для автоматизации процесса сортировки, обладает высокой степенью масштабируемости и адаптивности. Использование модульных элементов позволяет легко перенастраивать геометрию захвата под различные типоразмеры посылок.

Внедрение робототехнических комплексов в процессы сортировки почтовых отправлений является общемировым трендом, обусловленным ростом объемов интернет-торговли и необходимостью повышения эффективности логистических операций. Роботизированные системы сортировки требуют меньше места. Это позволяет высвободить площади для наращивания логистических мощностей.

Автоматизация процесса сортировки позволяет обрабатывать больший объем отправлений за единицу времени. Как показывает практика внедрения, производительность сортировки возрастает в 1,5–3 раза по сравнению с ручным трудом.

За счет снижения себестоимости погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки предполагаемый годовой экономический эффект от внедрения разработанной роботизированной линии, состоящей из трёх роботизированных комплексов с вакуумными захватными устройствами, составит 2 млн. рублей.

Кроме того, минимизация ошибок сортировки и повреждений грузов за счет использования современных систем технического зрения в паре с прецизионным вакуумным захватом, сводит к минимуму риск повреждения упаковки и содержимого посылок, а также исключает ошибки человеческого фактора при сортировке посылок.

Список литературы

1. Аббясов, В. М., С. Л. Петухов. Промышленные роботы и робототехнологические комплексы: учебник для вузов, 2026. 168 с.

2. Аббясов В.М., Петухов С.Л., Автоматизация технологических процессов. Промышленные роботизированные комплексы. 2026. 90 с.

3. Методические рекомендации для расчёта вакуумных захватных устройств компании Schmalz. URL: https://calculator.schmalz.com/ (дата обращения 13.04.2026).

Секция
УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В ЭКОНОМИКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Баскакова Е.П., Прокофьева А.А.
студенты,
elizavetaagranat@gmail.com
Научный руководитель: ***Стрижак А.Ю.***
д.э.н., доцент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРИНЯТИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЭКОНОМИКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье исследуется, как искусственный интеллект меняет принятие управленческих решений в контексте перехода к экономике устойчивого развития. На основе данных опроса анализируется степень готовности бизнеса к делегированию различных задач алгоритмам. Выявляются ключевые барьеры на пути внедрения ИИ, особое внимание уделяется сравнению эффективности принятия решений с участием человека и с помощью ИИ.

Ключевые слова: искусственный интеллект; устойчивое развитие; управленческие решения; автоматизация управления.

Вместо того чтобы видеть в искусственном интеллекте лишь инструмент для оптимизации расходов, бизнес всё чаще открывает для себя его способность выступать в роли генератора инноваций. Эти инновации способны трансформировать существующие бизнес-модели, придавая им более экологичный и социально значимый характер. Цифровые технологии меняют саму структуру общественного производства, создавая спрос на принятие решений, учитывающих большие объёмы данных, которые человеческий мозг не в состоянии обработать [1]. Устойчивое развитие требует баланса между экономическими, экологическими и социальными целями, что делает процесс управления особенно сложным. Искусственный интеллект способен обрабатывать данные о выбросах, потреблении ресурсов и социальных последствиях в режиме реального времени, предоставляя менеджерам аналитическую основу для выбора наилучшего решения. **Во многих компаниях ИИ уже применяется для мониторинга выбросов парниковых газов на всех этапах цепочки поставок, что позволяет выявлять скрытые источники загрязнения. Практика показывает, что внедрение систем ИИ для оптимизации энергопотребления на промышленных объектах позволяет заметно сократить расход электроэнергии без потери производительности, что напрямую способствует достижению экологических целей.** Однако на практике внедрение ИИ в управление представляет собой парадокс. Хотя потенциал ИИ в развитии креативности и инноваций многими признается [2], доверие к алгоритмам в вопросах экологии и социальной ответственности остается низким. Наш опрос представителей бизнеса и их специалистов показал, что, несмотря на понимание возможностей ИИ, компании не спешат делегировать ему принятие ключевых решений. Количество респондентов составило 38 человек, среди которых руководители / топ-менеджеры компаний, специалисты (аналитики, экономисты, управляющие), а также студенты, обучающиеся на специальностях, связанных с управлением. Такой состав опрошенных позволил получить взгляд на проблему как с пози-

ции текущей управленческой практики, так и с позиции будущих кадров, которым предстоит работать в условиях цифровой трансформации.

Результаты опроса свидетельствуют о том, что влияние искусственного интеллекта (ИИ) на управление пока неоднозначно. **Студенты демонстрировали более высокую готовность доверять ИИ, чем действующие руководители, что может свидетельствовать о смене поколенческих установок.** Лишь немногие компании систематически применяют ИИ; большинство либо используют его в рамках пилотных проектов, либо вовсе не внедряют. Это показывает, что, несмотря на общее признание значимости ИИ для экономики, в сфере управления устойчивым развитием он остается на стадии экспериментов [3]. Причинами такого положения выступают как высокая стоимость внедрения, так и отсутствие устоявшихся методик оценки эффективности ИИ в управлении ESG-факторами. Многие предприятия опасаются, что алгоритмические рекомендации могут противоречить краткосрочным финансовым показателям, даже если они улучшают долгосрочную устойчивость. **Например, алгоритм, предлагающий перейти на более дорогое, но экологичное сырьё, может быть отклонён из-за давления со стороны акционеров, требующих роста квартальной прибыли.** Основными барьерами для более широкого внедрения ИИ, по мнению опрошенных, являются когнитивные и юридические аспекты. Респонденты часто упоминали недостаток доверия к ИИ-решениям, опасения по поводу ответственности за ошибки искусственного интеллекта, а также ограниченность алгоритмов в учете сложных контекстов и интересов различных сторон. Юридическая неопределенность касается того, кто несет ответственность за ущерб окружающей среде или здоровью людей, если решение было принято на основе рекомендации нейросети. Когнитивные барьеры связаны с тем, что человеку сложно интерпретировать выводы сложных моделей, что порождает психологическое сопротивление. **Некоторые компании пытаются преодолеть это, внедряя системы «объяснимого ИИ», которые показывают, на основании каких факторов алгоритм сделал тот или иной вывод.** В ряде отраслей, таких как фармацевтика и химическое производство, ошибка ИИ в прогнозировании токсичности отходов может привести к многомиллионным штрафам и необратимому ущербу экосистеме, поэтому менеджеры предпочитают двойную проверку каждого алгоритмического решения.

Для оценки уровня доверия к алгоритмам ИИ в опрос был добавлен гипотетический случай, приближенный к реальной проблеме на производстве. Респондентам нужно было оценить ситуацию, в которой искусственный интеллект, основываясь на данных с датчиков, рекомендует временно остановить производственную линию для замены фильтра и сокращения вредных выбросов, жертвуя при этом небольшим процентом производительности. Человек-руководитель, наоборот, старается выполнить план до конца смены, игнорируя экологический риск. Оценка решения ИИ оказалась выше оценки действий человека в среднем на 1-2 балла (по 5-балльной шкале). Результат показывает, что респонденты признавали превосходство ИИ в объективности и соответствии экологическим приоритетам. Даже те участники, которые в целом настороженно относились к автоматизации, в данном конкретном примере отдали предпочтение алгоритму, поскольку экологический вред был очевиден**. В реальной практике подобные предиктивные системы уже используются на нефтеперерабатывающих заводах и металлургических комбинатах: датчики в режиме реального времени отслеживают превышение предельно допустимых концентраций, а ИИ рассчитывает оптимальный момент для остановки оборудования, минимизируя как выбросы, так и потери продукции.** Хочется отметить, что опрошенные единогласно признали превосходство ИИ над человеком в задачах обработки больших данных и оптимизации логистики. Это подтверждает роль ИИ как инструмента технологического развития промышленности [4]. В сферах, где требуется анализировать тысячи параметров одновременно, например, маршрутизация транспорта с учетом пробок, погоды и расхода топлива, алгоритмы работают быстрее и точнее человека.

В практической части опроса, где был задан вопрос о доверии принятия решений без дополнительного согласования, большинство респондентов выбрало "ИИ + быстрый контроль человека", несмотря на то что скорость ИИ в разы быстрее человека. Полное доверие алгоритму или игнорирование его подсказок почти никто не выбрал. Такой результат свидетельствует о стремлении бизнеса к гибридным схемам управления, где машина выполняет

рутинный анализ, а человек осуществляет надзор и принимает окончательные решения в нестандартных или этически сложных ситуациях. Респонденты аргументировали это тем, что в условиях высокой неопределенности и множественности заинтересованных сторон только человек может взвесить все "за" и "против", включая репутационные риски и ожидания общества. **Многие специалисты сходятся во мнении, что гибридные системы (человек + ИИ) заметно точнее, чем полностью автоматические, при решении задач, связанных с оценкой долгосрочных экологических рисков.** Опрос также показал, что готовность делегировать ИИ принятие решений возрастает по мере снижения потенциального ущерба от ошибки.

Наиболее целесообразным форматом интеграции ИИ в процессы управления респонденты видят модель, при которой искусственный интеллект дает рекомендации, но окончательное решение остается именно за человеком. Опрос показал, что ИИ быстр в обработке данных, но слаб в прозрачности решений, долгосрочном прогнозировании (более 10 лет) и, главное, в ответственности за негативные последствия. Это особенно важно для экономики устойчивого развития, где последствия решений могут проявляться через десятилетия, а алгоритмы, обученные на исторических данных, не всегда способны предвидеть новые риски. Например, климатические изменения порождают сценарии, не имеющие аналогов в прошлом, что снижает надежность прогнозов ИИ. Кроме того, вопросы справедливого распределения ресурсов между текущим и будущими поколениями требуют ценностных суждений, которые невозможно формализовать.

Искусственный интеллект помогает принимать решения в разных сферах бизнеса. Заменить человека в системе управления пока невозможно. Главными барьерами являются нежелание передавать ответственность и недостаток доверия к способностям ИИ учитывать сложные этические и социальные аспекты. Кроме того, существует риск, связанный с оппортунистическими действиями в киберпространстве [5-8]. Злоумышленники могут вмешиваться в работу алгоритмов, подменять входные данные или использовать уязвимости для получения выгоды, что делает полную автоматизацию управления еще более рискованной. Оптимальным подходом сейчас считается совместная работа человека и искусственного интеллекта, где алгоритмы обеспечивают оперативность и разнообразие расчетов, а человек сохраняет контроль и отвечает за последствия для общества и природы. Только такое сочетание позволяет использовать сильные стороны обеих сущностей: вычислительную мощность ИИ и моральную ответственность человека. **В обозримом будущем, по распространённым прогнозам, доля компаний, использующих гибридные схемы принятия решений в области ESG, будет неуклонно расти за счёт развития методов объяснимого ИИ и стандартизации требований к алгоритмической подотчётности.**

Список литературы

1. Субач Т. И. Основные аспекты цифрового развития общества // Теоретическая экономика. 2024. № 4 (112). С.24-35.

2. Матыцина Н. П., Захарчук А. С. Искусственный интеллект: новые методы стимулирования креативности и развития бизнеса // Символ науки. 2024. № 6-2. С. 90-92.

3. Овезгулыев П., Аманнепесова С., Мырадова О., Пирнепесова О. Влияние искусственного интеллекта на экономику // CETERIS PARIBUS. 2023. № 10. С.72-74.

4. Николаев О. В., Литвина Н. И. Искусственный интеллект как инструмент технологического и кадрового развития АПК // Вестник Академии знаний. 2025. № 1 (66). С. 380-383.

5. Стрижак, А. Ю. Проблемы социальной инженерии в киберпространстве: региональный аспект / А. Ю. Стрижак, О. А. Пекарская // Инновационная парадигма экономических механизмов хозяйствования: Сборник научных трудов IX Международной научно-практической конференции, Симферополь, 15 мая 2024 года. – Симферополь: ООО "Издательство Типография "Ариал", 2024. – С. 621-623.

6. Стрижак, А. Ю. Контагиозность оппортунизма в киберпространстве: тенденции и пути нивелирования / А. Ю. Стрижак // Новое в экономической кибернетике. – 2020. – No 3-4. – С. 346-353.

7. Стрижак, А. Ю. Зависимость уровня цифрового мошенничества, совершённого с помощью методов социальной инженерии, от экономических факторов в субъектах Российской Федерации / А. Ю. Стрижак, О. А. Пекарская // Экономические и социально-гуманитарные исследования. – 2024. – № 2(42). – С. 68-83. – DOI 10.24151/2409-1073-2024-2-68-83.

8. Стрижак, А. Ю. Глобальные тенденции криптопреступности: аналитический обзор / А. Ю. Стрижак, С. Г. Лукаревский // Новое в экономической кибернетике. – 2025. – № 2. – С. 317-326. – DOI 10.5281/zenodo.17083230.

Деряжная Д.В.
студент,
Ставропольский государственный аграрный университет,
Россия, Ставрополь

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЯМИ

Аннотация. В статье анализируются современные технологические решения, которые применяются в управлении сельхозпредприятиями. Рассмотрены проблемы, связанные с неравномерным внедрением искусственного интеллекта, интернета вещей и автоматизации в российском АПК (по сравнению с зарубежными странами).

Ключевые слова: искусственный интеллект, интернет вещей, автоматизация, цифровизация сельского хозяйства, точное земледелие, АПК России, инновационные технологии.

Сейчас технологические достижения постепенно выходят на первый план в трансформации многих отраслей экономики – и сельское хозяйство тут не исключение. Демографический рост, изменение климата и необходимость обеспечивать продовольственную безопасность подталкивают к тому, чтобы применять новейшие разработки. Они становятся реальным инструментом для повышения производительности и устойчивого развития аграрного сектора. Если использовать интеллектуальный анализ данных, робототехнику, интернет вещей (IoT) и автоматизацию, можно оптимизировать управление, улучшить качество продукции и снизить издержки.

Научно-технический прогресс серьёзно меняет ситуацию в АПК: уменьшается нагрузка на природу, облегчаются условия труда, растут объёмы производства и расширяется ассортимент товаров.

Современный этап развития – это ещё и активное совершенствование электронных устройств и софта. Инновационные подходы позволяют сокращать затраты и выпускать больше продукции. Многие предприятия переходят на информационно-коммуникационные системы: они повышают точность операций, снижают риски и увеличивают производительность. Всё это положительно сказывается на экономических показателях и конкурентоспособности [3].

На рисунке 1 показаны основные преимущества от внедрения цифровых технологий в сельское хозяйство.

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) помогают повышать эффективность АПК, но в России они пока распространены слабо. По данным Национального центра развития искусственного интеллекта, доля внедрений ИИ в отечественном сельском хозяйстве к концу 2024 года составила около 32 %. Для сравнения: в США 67 % крупных предприятий используют хотя бы одну технологию ИИ, а среди малых хозяйств этот показатель – 30–40 %. Аналитики MarketsandMarkets прогнозируют, что к 2026 году мировой рынок ИИ в сельском хозяйстве достигнет 4 млрд долл.

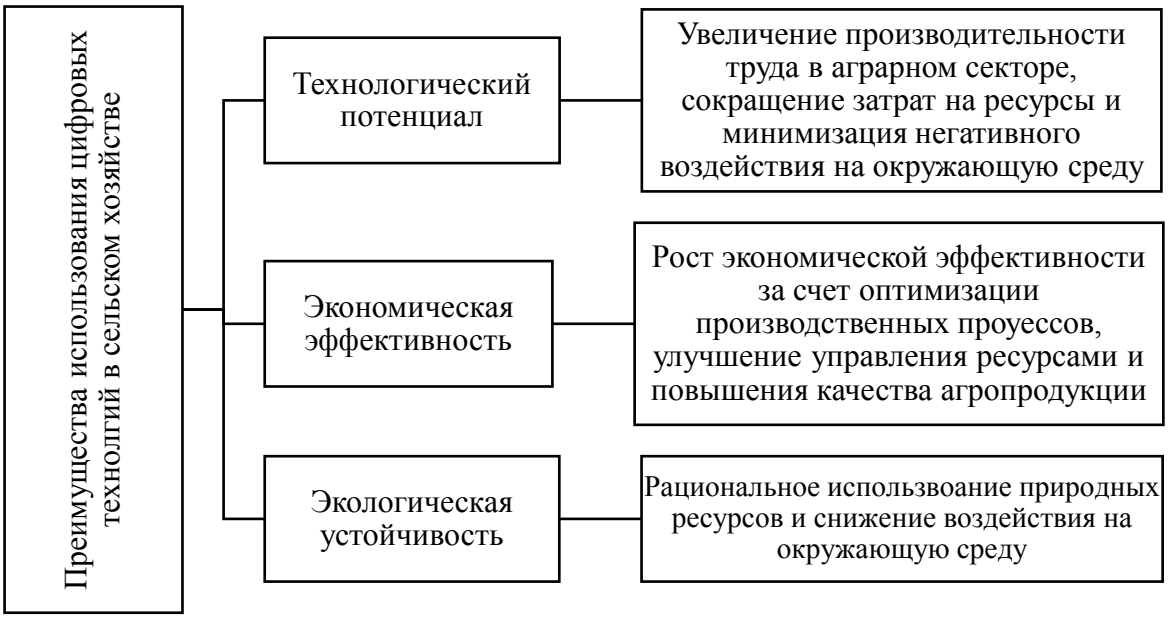


Рис. 1. Преимущества использования цифровых технологий в сельском хозяйстве

Хороший пример успешного применения – российская компания Cognitive Pilot. Она разработала систему автономного управления комбайнами и тракторами на основе ИИ. Система анализирует изображения, определяет положение объектов и строит траектории движения. Это наглядно показывает, как ИИ помогает оптимизировать процессы и снижать издержки.

Точной статистики по доле ИИ в российском АПК в открытых источниках нет, поэтому мы построили оценочный тренд (рисунок 2).

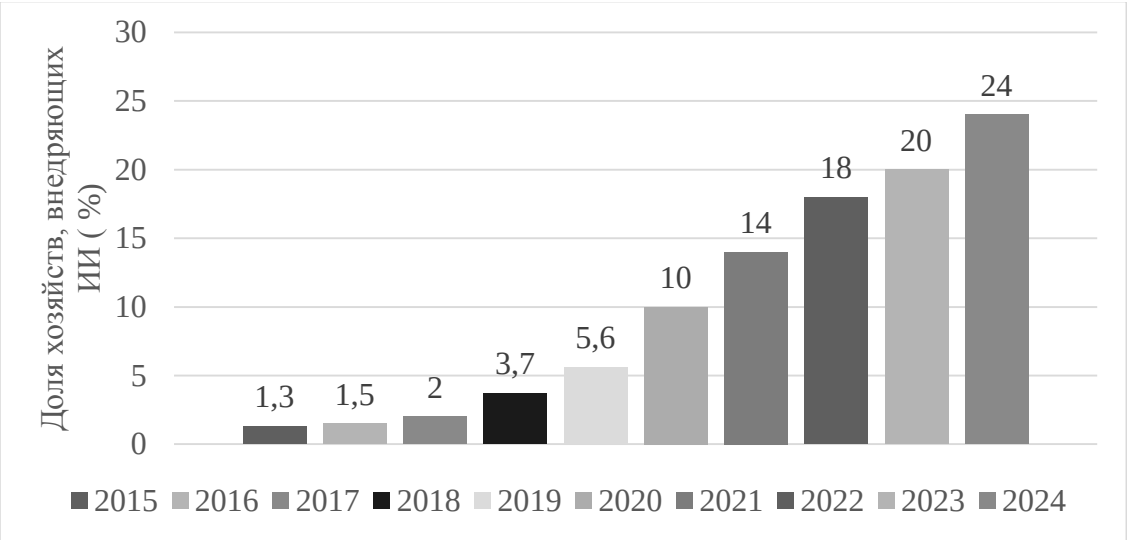


Рис. 2. Гипотетический график доли хозяйств в России, внедряющих технологии ИИ

По данным на графике видна тенденция к росту, причём доля крупных предприятий значительно выше, чем у малых.

Технологии интернета вещей (IoT) – это сеть устройств, которые собирают и передают данные. В агросекторе России IoT используют для мониторинга почвы и климата, точного земледелия, «умного» животноводства, прогнозирования урожайности [2]. Например, компания «Агроинтеллект» создала онлайн-сервис для молочных ферм: он собирает данные, проверяет их достоверность и даёт аналитику по более чем 180 показателям.

Также в России работает единая национальная система учёта животных REGAGRO. Она позволяет регистрировать и идентифицировать поголовье, отслеживать эпизоотическую ситуацию, налаживать взаимодействие между владельцами животных и ветеринарными учреждениями. Эта компания – IT-партнёр Россельхознадзора и резидент технопарков [6].

Положительные и отрицательные стороны применения IoT в сельском хозяйстве сведены в таблицу.

Таблица

Позитивные и негативные аспекты применения технологий интернета вещей в сельском хозяйстве

№	Позитивные аспекты	Негативные аспекты
1	Создает привлекательные рабочие места для молодых специалистов	Необходимы специалисты соответствующей квалификации
2	Продолжает глобальный тренд, что гарантирует дальнейшее технологическое развитие	Множество технологических платформ несовместимы между собой, что создает трудности
3	Позволяет собирать и обрабатывать огромные массивы данных	Возможен несанкционированный доступ к данным, их искажение или хищение
4	Обеспечивает рост производительности труда и снижение издержек	Высокая цена ошибки, обусловленная работой с живыми организмами
5	Способствует созданию положительного образа агропредприятия и росту его капитализации	Нужно изменить или отменить много нормативной документации

Анализ таблицы показывает двойственный характер эффектов. Но интегральная оценка говорит о том, что в целом влияние IoT положительное, и это подтверждается практическими примерами.

АПК активно осваивает и облачные технологии. Например, запущен сервис «Промышленный интернет вещей из облака» на базе инфраструктуры Техносерв Cloud с интеграцией ПО Winnum – это даёт аграриям современные средства для аналитики.

Автоматизация производственных процессов тоже набирает обороты в фермерских хозяйствах. Пример отечественного продукта – «Агроаналитика» от компании «СмартАгро». Решение обрабатывает данные с техники и спутников, использует алгоритмы машинного обучения для прогноза урожайности и анализа жизненных циклов растений. Этот продукт применяют «Русская аграрная группа», «Мираторг», «Агротех-Гарант».

Подобные результаты подтверждают, что современное сельское хозяйство всё сильнее зависит от инновационных методов. Автоматизация помогает рациональнее использовать ресурсы и повышать продуктивность [1].

В исследовании McKinsey прогнозируется, что уровень автоматизации в агросекторе может достигнуть 70 % к 2030 году. Внедрение роботизированных систем способно сократить затраты на рабочую силу на 40 %. Как отмечают Загазежева О.З., Край К.Ф., Хаджиева М.И., автоматизация приведёт к росту производительности и эффективности логистики [4].

Общая картина проникновения ключевых технологий автоматизации показана на рисунке 3.

Рис. 3. Доля ключевых технологий автоматизации в сельском хозяйстве (оценка за 2023–2024 гг.)

Анализ показывает, что автоматизация распространена неравномерно. В крупных агрохолдингах её уровень достигает 20–30 %, но если учитывать все личные подсобные хозяйства, то общеотраслевой показатель падает до 5–10 %. Основной драйвер – крупные агрокомпании, которые вкладывают деньги в цифровизацию, чтобы повысить производительность и справиться с нехваткой кадров.

Современные технологии действительно преобразуют сельское хозяйство. ИИ помогает учитывать погодные условия, состояние почв и растений. По данным McKinsey & Company, внедрение ИИ может поднять урожайность на 10–15 %. Согласно отчёту FAO, в технологически развитых странах урожайность в среднем выше на 30 %. А исследование Университета Пердью (2021 год) показало, что цифровизация управленческих процессов снижает операционные издержки на 15–20 % [7]. Цифровизация становится главным инструментом для оптимизации ресурсов и сокращения расходов [7].

Однако успех зависит ещё и от подготовки кадров и развитой инфраструктуры. Исследование Европейской комиссии (2020) выявило, что 70 % успешных агротехнологических проектов включали программы обучения персонала. Игнатова Е.В., Матюхина М.А., Сморженков Н.С. отмечают, что информационная модель может стать основой для виртуальной и дополненной реальности [5].

Современное сельское хозяйство переживает глубокие перемены. Точное земледелие, IoT, big data, AI, дроны и блокчейн меняют традиционные подходы, превращая сельское хозяйство в высокотехнологичный бизнес. Сегодняшний фермер – это, по сути, управленец, который принимает решения на основе анализа больших данных.

Несмотря на все сложности – высокие издержки и нехватку квалифицированных кадров – направление дальнейшего движения понятно. Конкурентоспособность аграрного сектора напрямую связана с тем, насколько успешно он интегрирует современные технологии. Государственная поддержка (образовательные программы, субсидии, создание цифровой инфраструктуры) может ускорить этот процесс, обеспечивая устойчивое снабжение продовольствием и экологическую безопасность.

Список литературы

1. Акиндинов В.В., Лосева А.С., Акиндинов К.В., Точилина В.В. Состояние и проблемы развития цифровизации сельского хозяйства в РФ // Наука и образование. 2022. № 3.

2. Алексеев А.А., Кружкова Т.И., Ручкин А.В., Рущицкая О.А., Рущицкая О.Е. От интернета вещей к интернету поведения: государственное регулирование цифровой трансформации АПК // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 6-1. С. 5-13;

3. Егоров И. А., Шипулин Н. С., Косников С. Н. Современные технологии автоматизации и роботизации процессов аграрного производства // Региональная и отраслевая экономика. 2023. № 2.

4. Загазежева О.З., Край К.Ф., Хаджиева М.И. Влияние внедрения инновационных технологий в сфере роботизации и автоматизации агропромышленного комплекса, и его социально-эколого-экономические последствия // Известия КБНЦ РАН. 2024. № 6.

5. Игнатова Е. В., Матюхина М. А., Сморженков Н. С. Устойчивое развитие на основе цифровых технологий в строительстве // Строительство и архитектура. 2022. №. 2. С. 56-60.

6. Литвина Н. И., Черкашов М. В., Савичкина Н. В. Цифровизация сельского хозяйства // Бизнес. Образование. Право. 2023. № 2(63). С. 174–180.

7. Оборин М. С. Цифровые инновационные технологии в сельском хозяйстве // АВУ. 2022. № 5 (220).

Минаева И.Ю.
студент,
minaeva.inna05@yandex.ru
Научный руководитель: ***Глазкова И.Н.***
к.э.н., доцент,
Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»,
Россия, Альметьевск

ЦИФРОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ И РЕГИОНОВ

Аннотация. В статье исследуются современные подходы к управлению социально-экономическими системами в логике устойчивого развития. Показывается, что цифровая трансформация управленческих процессов, внедрение предиктивной аналитики, ESG-инструментария и подходов, основанных на данных, способствует повышению устойчивости городских, региональных и корпоративных социально-экономических систем в условиях ресурсных, экологических и социальных ограничений. На основе реальных кейсов цифрового транспорта, умного ЖКХ и кадровой аналитики показано влияние интеллектуального управления на снижение издержек, рост качества жизни и устойчивость социально-экономической среды.

Ключевые слова: устойчивое развитие; социально-экономические системы; цифровое управление; ESG; региональная экономика; управленческая аналитика.

Набирающая обороты экономика, ориентированная на устойчивое развитие, порождает совершенно иной подход к управлению. В его основе лежит восприятие социально-экономической системы не как набора разрозненных хозяйственных единиц, а как сложного, постоянно меняющегося комплекса, объединяющего экономические, социальные, экологические и институциональные компоненты. Согласно этой логике, качество управления измеряется не столько мгновенной финансовой прибылью, сколько умением системы противостоять внешним потрясениям, справляться с ресурсным дефицитом и адаптироваться к нарастающей социальной нестабильности.

Особую актуальность подобный подход приобретает в сфере управления городами и региональными образованиями. Результаты исследований устойчивости территориальных социально-экономических систем свидетельствуют о том, что именно качество управленческой архитектуры, а также уровень зрелости стратегического планирования выступают ключевыми детерминантами долгосрочного роста территорий. В условиях цифровой трансформации это проявляется в переходе от преимущественно интуитивно-административных механизмов регулирования к модели «data-driven governance», основанной на обработке больших массивов данных, сценарном прогнозировании и инструментах предиктивной аналитики [3].

Показательным примером выступает цифровое управление транспортной инфраструктурой в крупных городских агломерациях. В российских мегаполисах применение интеллектуальных систем оптимизации транспортных потоков, основанных на анализе мобильности населения и данных IoT-сенсоров, обеспечивает сокращение среднего времени поездки на 12-18 %, а снижение уровня перегруженности магистралей достигает 20 %. Сходные результаты демонстрирует и международная практика развития «умных городов», в рамках которой интеграция транспортной аналитики в единые центры принятия решений повышает устойчивость городской инфраструктуры к пиковым нагрузкам, аварийным ситуациям и кризисным сценариям [3].

Не менее репрезентативным примером является жилищно-коммунальный сектор. Использование интеллектуальных платформ контроля энергопотребления, цифровых двойников инженерной инфраструктуры и систем предиктивного обслуживания позволяет снижать ресурсные потери в среднем на 15–25 %, тогда как аварийность объектов сокращается до 30 %. Для экономики устойчивого развития данный эффект имеет принципиальное значение, поскольку обеспечивает не только экономию затрат, но и достижение целевых ESG-индикаторов в области энергоэффективности, рационального использования ресурсов и экологической безопасности.

Значительные трансформации затрагивают и корпоративный сектор. Современные компании постепенно смещают акцент от классического кадрового администрирования к стратегическому управлению человеческим капиталом как базовому элементу устойчивости бизнеса. Согласно исследованиям, в области цифрового HR-менеджмента, применение кадровой аналитики, сценарного моделирования занятости и цифровых систем оценки вовлечённости сотрудников позволяет снижать текучесть персонала на 10–14 %, одновременно обеспечивая рост производительности труда. В условиях экономики устойчивого развития это приобретает особую важность, поскольку именно человеческий капитал становится главным ресурсом адаптивности системы к внешним изменениям.

Практическое подтверждение данной тенденции можно наблюдать в деятельности крупных российских маркетплейсов и логистических операторов. Применение алгоритмов прогнозирования спроса, интеллектуального управления запасами и цифровой маршрутизации доставки позволяет одновременно снижать углеродный след логистических операций и уменьшать затраты на последнюю милю. По оценкам консалтинговых исследований, оптимизация цепей поставок в рамках ESG-ориентированной стратегии обеспечивает снижение совокупных логистических издержек на 8–12 %, одновременно сокращая объёмы избыточного хранения и транспортных выбросов [2].

С теоретико-методологической точки зрения важнейшей особенностью управления социально-экономическими системами в логике устойчивого развития становится интеграция трёх базовых контуров: экономической результативности, социальной интеграцией и экологической устойчивости. Именно данная триада формирует концептуальное основание современных ESG-моделей, применяемых как в корпоративном секторе, так и в системе публичного управления.

Для России особое значение приобретает обеспечение устойчивости региональных систем в условиях выраженной неоднородности пространственного развития. Существенные различия в уровне цифровой зрелости, качестве инфраструктуры, кадровом потенциале и инвестиционной привлекательности регионов обусловливают необходимость перехода к адаптивным моделям управления, учитывающим специфику конкретной территории. В этой связи цифровые платформы стратегического мониторинга, применяемые в региональном управлении, позволяют отслеживать изменение социально-экономических индикаторов в режиме, приближенном к реальному времени, и своевременно корректировать управленческие воздействия.

Принципиально важно подчеркнуть, что устойчивость системы определяется не только уровнем её технологической оснащённости, но и качеством институционального взаимодействия между государством, бизнесом и обществом. Именно поэтому современные научные исследования акцентируют внимание на управленческом капитале как самостоятельном факторе устойчивого развития. Эффективная архитектура управления формирует такую среду, в которой цифровые инструменты выполняют не только функцию автоматизации, но и обес-

печивают воспроизводство доверия, сокращение транзакционных издержек и повышение качества жизни населения [1].

Таким образом, управление социально-экономическими системами в условиях экономики устойчивого развития должно базироваться на принципах системности, цифровой прозрачности, ESG-ориентированности и адаптивности. Только при соблюдении данных условий становится возможным достижение баланса между экономическим ростом, социальной стабильностью и экологической ответственностью.

Список литературы

1. Бычкова Н.Ю., Киселев В.Г. Устойчивое развитие управляемой системы как результат эволюции управленческого капитала // Инновации и инвестиции. 2025. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoe-razvitie-upravlyaemoy-sistemy-kak-rezultat-evolyutsii-upravlencheskogo-kapitala (дата обращения: 07.04.2026).
2. Макаров И.Н., Пивоварова О.В., Донской Д.А. Вопросы устойчивости региональных социально-экономических систем в условиях глобальных мирохозяйственных трансформаций: необходимость разработки новых форматов планового управления // КЭ.2022.URL: https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-ustoychivosti-regionalnyh-sotsialno-ekonomicheskih-sistem-v-usloviyah-globalnyh-mirohozyaystvennyh-transformatsiy (дата обращения: 07.04.2026).
3. Цифровой HR-менеджмент в условиях устойчивого развития экономики // Сборник научных работ. 2021.URL: https://donampa.ru/images/admin_pr/sn/gy24.pdf (дата обращения: 07.04.2026)

Брагина Д.Н.
студент,
braginad64@yandex.ru
Научный руководитель: ***Бялецкая Е.М.***
к.т.н., доцент,
Финансовый университет при Правительстве РФ,
Россия, Новороссийск

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ОТЧЕТНОСТЬ И РАСКРЫТИЕ НЕФИНАНСОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация. В настоящей статье рассматривается актуальная проблема фрагментации нефинансовых данных, которая возникает при формировании интегрированной отчетности в современных компаниях. Автор предлагает методический подход к автоматизации сбора и последующего структурирования показателей устойчивого развития, основанный на применении теоретико-множественной модели оценки качества. В работе была адаптирована методика устранения информационной избыточности специально для задач раскрытия нефинансовой информации. Внедрение разработанной системы позволяет существенно повысить достоверность данных для целей управления и обеспечить полное соответствие международным стандартам GRI и SASB. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность автоматизации для снижения трудовых затрат и улучшения общей прозрачности бизнес-процессов.

Ключевые слова: интегрированная отчетность; нефинансовая информация; автоматизация; ESG-метрики; качество данных; управление эффективностью; стандарты раскрытия.

Введение

Современные условия ведения бизнеса предъявляют к компаниям повышенные требования в части прозрачности и социальной ответственности. Традиционных финансовых отчетов уже недостаточно для полноценной оценки устойчивости организации, поскольку

стейкхолдеры проявляют растущий интерес к экологическим, социальным и управленческим аспектам деятельности. В этом контексте интегрированная отчетность становится ключевым инструментом коммуникации, так как она объединяет финансовые и нефинансовые показатели, демонстрируя стратегию и ценность компании в долгосрочной перспективе. Однако на практике сбор данных для такой отчетности сопряжен со значительными трудностями, так как информация часто хранится в разрозненных системах, таких как CRM, ERP, документы по охране труда и экологические журналы. Ручная консолидация данных занимает много времени и неизбежно ведет к ошибкам, а исследования показывают, что до 80 % ресурсов при подготовке отчета уходит на сбор и проверку данных, а не на анализ [1]. Это создает объективную необходимость в автоматизации процессов раскрытия нефинансовой информации для повышения эффективности управления.

Цель данной работы заключается в разработке методического подхода к автоматизации формирования интегрированной отчетности. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: анализ стандартов раскрытия информации, адаптация модели оценки качества данных и предложение архитектуры системы сбора показателей. Научная новизна исследования состоит в применении теоретико-множественной модели для структурирования нефинансовых показателей и устранения избыточности данных.

Стандарты и требования к раскрытию информации

На текущем этапе сформировался ряд международных стандартов, регламентирующих раскрытие нефинансовой информации, и каждый документ имеет свой фокус и аудиторию, что необходимо учитывать при построении системы сбора данных. Стандарт GRI (Global Reporting Initiative) фокусируется на материальных темах, таких как экология, социальная политика и управление, причем требования включают качественные описания и количественные индикаторы. Потенциал автоматизации здесь достаточно высокий, так как многие показатели можно извлекать из операционных систем путем классификации тем [3]. Стандарт SASB (Sustainability Accounting Standards Board) ориентирован на финансово-материальные ESG-факторы по отраслям, где требуются отраслевые метрики и сопоставимость данных. Автоматизация в данном случае возможна при наличии отраслевых справочников и настроенных моделей маппинга [4]. Стандарты IFRS S1/S2 (ISSB) делают акцент на устойчивом развитии и климатических рисках, влияющих на финансовое положение, и здесь требуется оценка финансовой существенности. Потенциал автоматизации высок за счёт извлечения сущностей и прогнозирования рисков [5]. Таким образом, разнообразие стандартов создает сложность для компаний, и необходимо унифицировать данные так, чтобы один показатель мог удовлетворять требованиям нескольких стандартов одновременно.

Методологические основы оценки качества данных

Для формализации задачи обработки данных была адаптирована методология, применённая в работах по оценке качества обслуживания. В оригинальной работе Бялецкой Е. М. предложена теоретико-множественная модель показателей качества вида GR = (RT, OT), где RT – множество показателей, а OT – отношения между ними [1]. Эта модель позволяет определить необходимые компоненты и характеристики, участвующие в формировании входных данных. Для целей интегрированной отчётности модель была адаптирована следующим образом:

$$GR_NFI = (RT_ESG, OT_map, Std), \quad (1)$$

где RT_ESG – множество нефинансовых показателей, извлекаемых из операционных данных; OT_map – отношения маппинга: «сырая тема» → «нормированный показатель» → «требование стандарта»; Std ∈ {GRI, SASB, IFRS_S1} – целевой стандарт отчётности.

Данная модель позволяет декомпозировать задачу обработки на подзадачи, и каждая решается специализированным модулем системы, обеспечивая прослеживаемость от сырого контента до финального отчёта. Подход к формализации бизнес-процессов соответствует принципам, описанным для автоматизированных систем управления, где идентификация сущностей является ключевым этапом предварительного анализа [2]. Важным аспектом является устранение информационной избыточности, и первоначально формируется множество концептов на основе анализа стандартов и экспертных оценок. Для сокращения размерности задачи применяется когнитивная технология, включающая построение матрицы взаи-

мовлияний [1], и в результате отбирается минимальное адекватное множество показателей без потери информативности.

Автоматизация сбора и обработки показателей

Методика автоматизированного извлечения метрик строится на четырёхэтапном подходе, и первый этап заключается в формировании и нормализации показателей. На основе методологии оценки качества осуществляется сбор исходных данных из внутренних систем компании. Второй этап предполагает агрегирование через интегральный критерий, и для формирования сводной оценки качества раскрытия информации используется взвешенная сумма. Параметр весомости определён методом экспертного ранжирования. Третий этап представляет собой динамический анализ и сигнализацию, когда система сравнивает векторы показателей за соседние периоды. При превышении порогового отклонения генерируется сигнал для лица, принимающего решение. Четвёртый этап заключается в накоплении знаний в базе, и каждый значимый инцидент фиксируется в базе знаний в виде фрейма с причинно-следственными связями. Это позволяет в дальнейшем автоматизировать рекомендации по управленческим воздействиям [1]. Технологическая реализация предполагает использование современных инструментов бизнес-аналитики, и система интегрируется с существующими учетными платформами через API. Данные преобразуются в единый формат и загружаются в хранилище, а визуализация осуществляется через интерактивные дашборды, что упрощает восприятие информации и выявление закономерностей [3].

Ожидаемые результаты внедрения

На основе анализа аналогичных внедрений и результатов апробации методики в смежных отраслях прогнозируются показатели эффективности. Автоматизация позволяет обеспечить 100 % охват коммуникаций и операционных данных для формирования отчётности, и время подготовки отчёта сокращается на 70 % за счёт исключения ручных операций. Количество ошибок в данных снижается на 95 %, и системы сокращают время подготовки документов и повышают их надёжность, обеспечивая прозрачность представляемой информации [1]. Выявление рисков становится более оперативным, и система автоматически помечает негативные сигналы, предоставляя информацию до публикации квартальной отчётности. Время поиска информации уменьшается с минут до секунд благодаря структурированному хранению. Прогноз строится на предпосылках, что качество данных отвечает запросам моделей, модели настроены под отраслевую специфику и обеспечена полная интеграция с учетными системами. Внедрение инструментальных средств бизнес-аналитики позволяет получить преимущества, связанные с повышением скорости извлечения и консолидации данных из неинтегрированных систем-источников [3].

Проблемы и перспективы развития

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение систем автоматизации отчётности сталкивается с рядом проблем, и важно избегать распространённых ошибок, таких как некачественная подготовка исходных данных и недостаточное обучение сотрудников [1]. Подготовка требует глубокого анализа текущих бизнес-процессов и выбора оптимальной технологической платформы. Эффективное внедрение должно осуществляться по этапам, начиная с пилотных проектов, что позволяет минимизировать риски и адаптировать технологические решения на основе полученного опыта. Активная поддержка руководства и вовлечённость всех участников процесса являются залогом успеха при переходе на цифровые технологии [1]. Дальнейшее развитие предполагает подключение к платформам бизнес-аналитики и применение прогнозной аналитики на основе накопленных данных. Применение решения в других сферах откроет возможности для масштабирования, и автоматизация обработки коммуникаций и операционных данных является эффективным и масштабируемым инструментом.

Заключение

Таким образом, создана комплексная система автоматизации отчётности, объединяющая теоретико-множественную модель данных с технологиями бизнес-аналитики. Техническая реализация методики обеспечивает гибкую интеграцию с учетными системами и соответствие стандартам GRI, SASB, IFRS S1/S2. Внедрение решения позволит сократить время подготовки отчётности, снизить количество ошибок и обеспечить полный охват анализируемых данных. Это повысит прозрачность корпоративного управления за счёт оперативного доступа к структурированным данным. В стратегическом плане автоматизация обработки

данных является эффективным инструментом, и предложенный подход может быть применён для компаний различных отраслей. Устойчивость усиливается за счёт оперативного раскрытия верифицируемой нефинансовой информации, и автоматизацию следует внедрять поэтапно, начиная с более мелких проектов. Качество растёт, и ошибки снижаются при соблюдении методических рекомендаций [1].

Список литературы

1. Бялецкая Е. М. Информационная технология оценки качества жилищно-коммунального обслуживания населения. Астрахань: Индивидуальный предприниматель Сорокин Роман Васильевич, 2015. 96 с.
2. Быкова А. В. Формализация бизнес-процессов предприятия при моделировании автоматизированной системы управления взаимоотношениями с клиентами. Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2024. № 1(23). С. 33–41.
3. Малавкина Л. Н. Тенденции развития систем бизнес-аналитики (BI-систем). Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. 2019. № 10. С. 185–189.
4. Влияние нефинансовой информации на основные показатели российских компаний / Е. А. Федорова [и др.]. Журнал Новой экономической ассоциации. 2020. № 2(46). С. 73–96.
5. Штиллер М. В. Эволюционное развитие нефинансовой отчетности: проблемы и перспективы. Новое в экономической кибернетике. 2025. № 2. С. 262–273.

Бочаров Д.И.
студент,
bocharoindex@gmail.com
Научный руководитель: ***Сергиенко Е.Г.***
к.э.н., доцент,
Ставропольский государственный аграрный университет,
Россия, Ставрополь

УПРАВЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИМ КЛИМАТОМ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АГРАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. В статье рассматривается управление социально-психологическим климатом аграрного предприятия. Проблемы заключаются в ослаблении административного руководства, в недостатке внимания к повышению квалификации и в отсутствии практики аттестации персонала. Цель работы – разработать мероприятия по улучшению климата. Были даны рекомендации по внедрению социологических исследований. Научная новизна заключается в выявлении проблемы управления социально-психологическим климатом, обусловленной преобладанием работников физического труда, и разработке рекомендаций с учётом данной особенности.

Ключевые слова: социально-психологический климат; трудовой коллектив; социально-психологические методы управления; авторитет руководителя.

Формирование позитивной социально-психологической атмосферы требует участия не только руководителей и специалистов-психологов, но и работников организации, что служит более результативному исходу событий. Трудовой коллектив – это группа трудящихся людей, объединенных общей работой, интересами и целями. Основой любого производства материальных благ является трудовой коллектив [6, с. 395].

В нем выделяют командные роли участников. Каждая из ролей имеет свои особенности, преимущества и недостатки. Чтобы они были максимально эффективными, каждый участник команды должен четко знать не только свою роль, но и роли других участников и

их специфику. Для многих компаний сегодня высокая текучесть кадров – естественный процесс. Но эту проблему можно решить, если руководители научатся работать с концепцией командных ролей и будут принимать на работу сотрудников, исходя из этой концепции. [4].

Социально-психологические методы управления основаны на системе взаимоотношений в коллективе и его социальных потребностях. Специфика этих методов заключается в использовании неформальных факторов и интересов личности, группы, коллектива в процессе управления персоналом. Их делят на две группы: социологические методы, которые направлены на внешний мир человека и психологические методы, которые воздействуют на внутренний мир человека.

Психологические методы ориентированы на внутренний мир конкретного сотрудника. Их задача – направить личные способности и мотивацию человека на решение практических задач. К элементам психологического воздействия относят: психологическое планирование, направленное на формирование благоприятного психологического состояния коллектива и поддержание высокой трудовой мотивации [1, с. 356].

Социологические методы, ориентированные на организационную и социальную среду сотрудника, помогают определить его роль и место в коллективе. Элементы, регулируемые с помощью социологических методов, включают: социальное планирование, которое предполагает постановку социальных целей, разработку нормативов и планов, а также контроль за достижением результатов и социологические методы исследования, включающие анкетирование, интервьюирование, наблюдение, собеседование [2, с. 314].

В совокупности социально-психологические методы управления персоналом – это методы воздействия на объект управления, основанные на использовании социально-психологических факторов и направленные на управление отношениями, которые развиваются в рабочем коллективе. Эффективные методы воздействия включают в себя формирование трудовых коллективов с учетом социально-психологических характеристик людей, создание благоприятных условий для их совместной деятельности, социальную стимуляцию – создание атмосферы социального и психологического интереса к выполнению любой важной работы или к достижению определенных целей и результатов. Примером социально-психологических методов управления может служить стимулирование и удовлетворение персонала [3,7].

Рассмотрим управление социально-психологическим климатов на примере предприятий Ставропольского края: ООО «Спасское», ЗАО «Октябрьский» и АО «Левокумское», которые осуществляет деятельность по производству, переработке и сбыту сельскохозяйственной продукции.

Проведем анализ социальной структуры трудового коллектива предприятий АПК: ООО «Спасское», ЗАО «Октябрьский» и АО «Левокумское». Его результаты указаны в таблице 1, анализ поможет выявить особенности коллектива и обосновать выбор соответствующих методов управления социально-психологическим климатом. Также поможет выявить основную группу работников, от которой зависит работа всего предприятия. Следовательно, от того насколько правильно администрация спланирует и организует их работу, настолько повысятся результаты их деятельности.

Таблица 1

Социальная структура трудового коллектива предприятий АПК

Социально-профессиональные группы	Средняя численность трудового коллектива					
	2023	%	2024	%	2025	%
1.Работники умственного труда:	32	11,9	29	12,2	37	12,9
- квалифицированного	28	10,2	26	9,6	30	9,9
- неквалифицированного	4	1,7	3	2,6	7	3
2.Работники физического труда:	241	88	236	87,7	267	87,1
- квалифицированного	200	63,3	178	59,7	193	63,8
- неквалифицированного	41	24,7	52	28,1	74	23,3
Итого	273	100	265	100	304	100

По данным таблицы 1 видно, что социальная структура трудовых коллективов анализируемых предприятий состоит из следующих социально – профессиональных групп: работ-

ники умственного труда – это специалисты и служащие, которые занимаются квалифицированным трудом. Их число в 2025 году составило 37 человек. Работники физического труда – это основная рабочая сила хозяйства. К ним относятся работники сельхоз подразделений, водители, грузчики, и другие. Наибольшая часть работников хозяйства – это люди, занятые физическим трудом. Это значит, что от них зависит работа всего предприятия. Для такого коллектива характерна высокая утомляемость, монотонность, традиционное сопротивление новым технологиям и обучению, а также высока значимость авторитет руководителя. В целом социальная структура коллектива соответствует специфике аграрного предприятия, где основную роль играет физический труд.

Для того чтобы провести оценку социально – психологического климата используем методы его оценки, которые подразделяются на три основные группы. Первая группа – это методы социологических исследований. В нее входят следующие элементы: анкетирование, изучение документов, личные наблюдения, социальное планирование, социальный эксперимент. Сделаем анализ использования методов социологических исследований на изучаемом предприятии. В предприятиях используется метод анкетирования. Это опрос работников, который помогает узнать мнение по предложенной тематике опроса. Наряду с анкетированием используется и интервьюирование. Отличительная черта наблюдается у руководителя – это личное наблюдение. При помощи этого метода руководитель изучает производственную обстановку в хозяйстве, а также и отношения к людям.

Следующая группа методов – методы формирования трудового коллектива. В нее входят: наличие конкретной цели, благоприятный климат в коллективе, межличностные отношения, а также традиции и опыт коллектива. Третья группа – психологические и этические качества личности. В эту группу входят методы, касающиеся индивида, а именно: мышление, психика, служебная этика, мотивация, управление притязаниями.

В современных демографических условиях значимость человека на производстве увеличивается, он основной элемент и необходимо уделять внимание его мышлению и психике, каждое действие человека должно чем-то мотивироваться.

В данных предприятиях такой мотивацией является заработная плата, уважение со стороны коллег, а главное авторитет, который присущ как сотрудникам, так и руководителю. Необходимо сказать, что авторитет руководителя оказывает непосредственное влияние на социально-психологический климат в коллективе. В любом коллективе, на любом производстве есть авторитетные люди, необязательно облеченные административной властью.

Зададимся вопросом: «Почему руководитель не может ограничиться только административно – командными методами; управления?». «Почему ему необходимо иметь не только административную власть, но и авторитет?». В.Д. Грибов, утверждает: «Социологические данные показывают, что лишь 15 % успеха управленца обусловлены его профессиональными навыками, в то время как 85 % зависят от его способности взаимодействовать с людьми» [5].

Было проведено социально – психологическое исследование результаты, которого представлены в таблице 2, направленное на определение авторитета руководителя, где рабочие предприятий ответили на вопрос анкеты: "Какие деловые, личные качества руководителя оцениваются вами положительно, а какие личные качества руководителя отрицательно?".

Таблица 2

Анкетирование рабочих предприятий АПК

Качества руководителя	Предпочтение отдано следующим качествам:
Деловые	Организаторские способности, профессиональные знания, способность проявлять инициативу, требовательность
Личные	Доброжелательное отношение, желание оказать помощь подчиненным, вежливость, чувство юмора, справедливость, выдержанность, верность данному слову

В результате проведенного опроса были выявлены характеристики сходные для руководителей трех предприятий. Руководители трех предприятий АПК ориентированы на рациональный подход к управлению, но иногда им не хватает знаний. По своей сущности руко-

водители являются не новаторами, а идут уже по проверенной дороге. Данные особенности влияют на социально-психологический климат так, как ограничивают внедрение новых подходов управления мотивацией и развития персонала. Руководителям для роста авторитета необходимо больше уделять внимания современным подходам управления и постоянно совершенствовать свою квалификацию.

В целом в анализируемых хозяйствах сложилась благоприятная атмосфера на уровне руководства для управления производством. Вместе с тем на предприятиях практически не применяются методы социологических исследований, и не проводятся аттестации руководителей и специалистов при подборе и приеме на работу. По итогам исследования психологического состояния трудового коллектива предприятий и анкетирования работников выявлен ряд проблем, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3

Недостатки системы применения социально-психологических методов в предприятиях АПК

Сфера	Характеристика недостатка
Структура системы	Ослабление административного руководства хозяйства. Недостаточно уделяется внимания вопросам стратегии развития предприятия.
Принятие управленческих решений	Отсутствуют тесные связи с опытными специалистами и согласование с ними при принятии решений
Система обучения и развития персонала	Недостаточно внимания уделяется повышению квалификации управленческого персонала, не используется возможность качественного (личностного) роста работников.
Применение методов социологических исследований	На предприятии практически не применяются методы социологических исследований, направленные на повышение творческой и трудовой активности работников; отсутствует опыт аттестации руководителей и специалистов при отборе и приеме на работу.

Таким образом, в организациях недостаточно уделяется внимания вопросам стратегии развития предприятия, значительные трудозатраты на подбор сотрудников. Необходимо улучшить систему обучения и развития персонала, а также систему стимулирования персонала.

Велика роль трудового коллектива в повышении эффективности производства и воспитании работников. Немаловажное значение в этом имеют также разработки и осуществления планов социального развития.

Социальные факторы сопутствуют любым процессам производства, поэтому социальное планирование является неотъемлемой частью планирования всей деятельности предприятия.

Чтобы процесс управления производством и людьми на предприятиях АПК осуществлялся эффективно, рассмотрим рисунок, где отражены направления совершенствования социальной инфраструктуры.

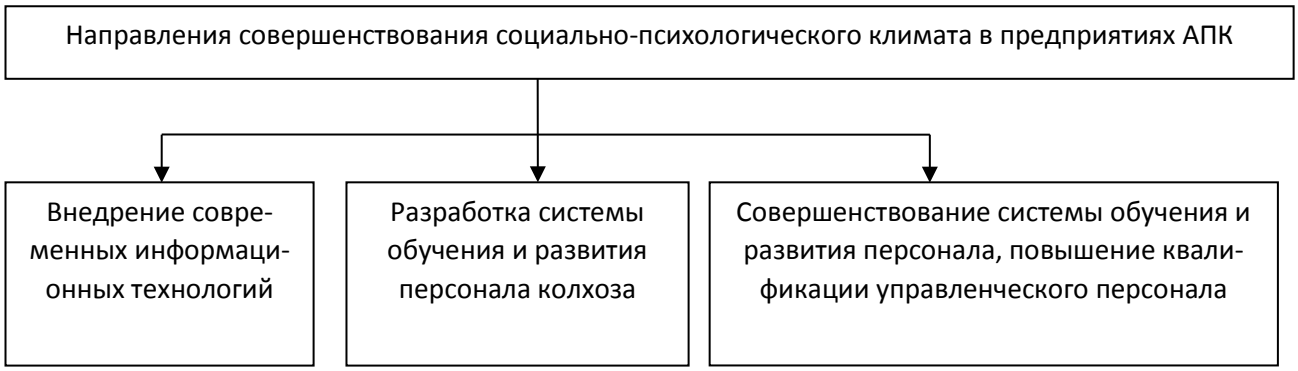


Рис. Направления совершенствования социальной инфраструктуры

Ликвидация ручного и малоквалифицированного труда, что повысит в свою очередь привлекательность труда и заинтересованность в нём. Применение современных цифровых технологий, несомненно, является неотъемлемым условием создания эффективной социальной структуры производственного коллектива.

Исследования показали, что, рутинная работа с документами работников занимает значительную часть рабочего времени специалистов. Поэтому внедрение цифровых технологий в деятельность по социальному планированию должно стать приоритетом руководства предприятий.

Немаловажным моментом является соотношение в коллективе молодых специалистов и работников – профессионалов. Так, по методике А.Г. Сороковой оптимальным считается соотношение 3:1, то есть на одного опытного работника должно приходится не более трех "новичков". Необходимо сказать, что внедрение молодых кадров необходимо осуществлять постепенно.

Было выявлено, что авторитет руководителя является важным фактором формирования социально-психологического климата. Авторитет руководителя влияет на отношения в коллективе и эффективность управления. Анализ использования социально-психологических методов управления производством на предприятиях показал, что достаточно широкое применение нашли такие методы, как анкетирование, изучение документов, социальное планирование и другие. Однако изучение социально-производственной структуры коллектива осуществляется недостаточно. Не обнаружено применения методов социологических исследований трудовых коллективов и методы оценки профессиональных качеств руководителей и специалистов.

С целью совершенствования использования социально-психологических методов управления на предприятиях нами предлагается. Приглашать психолога для оценки и поддержки социально – психологического климата трудового коллектива во время сезонных работ. Рационализация рабочих мест снижает физическую нагрузку и рутину – главные факторы утомляемости в таких коллективах. А постоянное обучение даёт работникам чувство роста и вовлечённости. Реализация предложенных мероприятий позволит повысить эффективность деятельности предприятий.

Список литературы

1. Гужина Г.Н., Гужин А.А. Формирование команды проекта как фактор эффективности проектного менеджмента современной организации // Управленческий учет. 2021. № 9-2. С. 356-364.

2. Кибанов А.Я., Дуракова И.Б. Управление персоналом организации: актуальные технологии найма, адаптации и аттестации: учебное пособие. Москва: КноРус, 2026. 358 с. URL: https://book.ru/book/961125 (дата обращения: 01.04.2026).

3. Рознина Н.В., Карпова М.В., Дуничева С.Г. Анализ устойчивости финансового состояния организации // Актуальные вопросы современной экономики. 2021. № 3. С. 226-235.

4. Семина А.П. Влияние командной формы организации труда на эффективность организации. Формирование «суперкоманды» // Московский экономический журнал. 2021. № 11. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-komandnoy-formy-organizatsii-truda-na-effektivnost-organizatsii-formirovanie-superkomandy (дата обращения: 10.04.2026).

5. Симоненко И.В., Галимова А.Ш. Социально-психологические методы управления персоналом в предпринимательстве // Экономика и бизнес: теория и практика. 2025. № 2-1 (120). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialno-psihologicheskie-metody-upravleniya-personalom-v-predprinimatelstve (дата обращения: 11.04.2026).

6. Трубицына Н.С. Трудовой коллектив как производственный фактор организации // Актуальные вопросы публичного управления, экономики, права в условиях цифровизации: сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Курск, 12 мая 2023 года). Том 2. Курск: Б.и., 2023. С. 395-398.

7. Шананина А.Э. Теоретико-методологические основы оценки кадрового потенциала организации // Актуальные проблемы управления. 2022. С. 581-584.

Базалеева О.Н.
студент,
frau.ol.nik@yandex.ru
Научный руководитель: ***Скрипкина О.В.***
к.э.н., доцент,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ: ОЦЕНКА РИСКОВ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ В ИНЖЕНЕРНОЙ ПРАКТИКЕ

Аннотация. В статье анализируются правовые риски использования генеративных нейросетей (ChatGPT, DeepSeek, Kandinsky 3D, Neural CAD, Cadrille и др.) с позиции устойчивого развития социально-экономических систем. Рассматриваются пробелы российского законодательства, классифицируются риски недостоверности информации, нарушения интеллектуальных прав, разглашения конфиденциальных данных, проблемы субъекта ответственности. Особое внимание уделяется социально-экономическим последствиям: трансформации рынка труда, росту неравенства, этическим рискам. Предлагается система управления рисками на уровне организаций и государства.

Ключевые слова: нейросети; искусственный интеллект; правовые риски; устойчивое развитие; социально-экономические системы; управление рисками; ответственность.

Введение

Современные генеративные нейросети активно внедряются в экономику, управление и производство. Они используются для автоматизации проектирования (Neural CAD, Kandinsky 3D), инженерных расчётов (Matlab Copilot, Nvidia Apollo), проверки документации (NSR Specification, Leo AI), а также для подготовки текстов и изображений.

Однако правовое регулирование их использования в России отстаёт от технологий. Нет специального закона об искусственном интеллекте, не определён статус результатов, созданных нейросетью, не решён вопрос ответственности за вред. Это создаёт риски для устойчивого развития социально-экономических систем.

Данная статья подготовлена с использованием генеративной нейросети DeepSeek как инструмента для структурирования и редактирования текста. Все юридические выводы и ответственность за содержание лежат на авторе.

1. Правовой вакуум как системный риск

Согласно ст. 2 Гражданского кодекса РФ, субъектами правоотношений являются граждане и юридические лица. Искусственный интеллект (ИИ) не обладает правосубъектностью. Это порождает фундаментальную проблему: кто отвечает за вред, причинённый нейросетью?

В зарубежной практике уже есть прецеденты. В деле Mata v. Avianca (США, 2023) адвокаты использовали ChatGPT для подготовки иска, и нейросеть сгенерировала несуществующие судебные решения. Суд оштрафовал адвокатов, возложив ответственность на пользователя. В отличие от США, где прецедентное право позволяет адаптировать нормы, в России отсутствие специального законодательства ведёт к тому, что суды будут применять общие нормы о возмещении вреда (ст. 1064 ГК РФ), что создаёт высокую степень неопределённости для бизнеса.

Основы государственной политики в области ИИ заложены в Указе Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». В нём ИИ определяется как комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека и получать результаты, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности. Однако указ носит преимущественно стратегический характер и не регулирует конкретные правоотношения, связанные с гражданско-правовой ответственностью или интеллектуальной собственностью на результаты, созданные нейросетями. Более того, в российском законодательстве отсутствуют легальные определения таких ключевых понятий, как «нейросеть» и «дипфейк», что создаёт дополнительную правовую неопределённость.

С 1 января 2025 года в России вступил в силу ряд стандартов в области ИИ, в том числе ГОСТ Р ИСО/МЭК 24029-2-2024 «Оценка робастности нейронных сетей» и ГОСТ Р 71476-2024 «Искусственный интеллект. Концепции и терминология». Эти ГОСТы направлены на обеспечение безопасности, надёжности и этичности систем ИИ. Кроме того, действует Кодекс этики в сфере искусственного интеллекта, к которому присоединились уже более 800 организаций, однако его положения носят рекомендательный характер. Таким образом, правовая база фрагментарна и не решает ключевых вопросов об авторстве и ответственности.

Как справедливо отмечает А.В. Минбалеев, правовая система не способна быстро реагировать на изменение цифровых технологий, поскольку они совершенствуются значительно быстрее. В связи с этим необходимо комплексное регулирование, учитывающее технические, правовые и этические аспекты. Если нейросеть предложит ошибочное управленческое решение, которое приведёт к убыткам предприятия, или сгенерирует чертёж с нарушением техники безопасности, повлёкшим аварию, – кто будет ответчиком? Пользователь? Разработчик? Владелец сервиса? Закон не даёт ответа.

2. Классификация правовых рисков для социально-экономических систем (табл.)

Таблица

Классификация правовых рисков использования генеративных нейросетей*

Категория риска	Характеристика	Потенциальные последствия
Риск недостоверности («галлюцинации»)	Генерация нейросетью правдоподобной, но ложной информации, включая неверные инженерные параметры, несуществующие нормативные акты, синтаксически неверный код.	Аварии на производстве, обрушение конструкций, принятие неверных управленческих решений, гражданско-правовая (ст. 1064 ГК РФ) и уголовная (ст. 216 УК РФ) ответственность.
Риск нарушения интеллектуальных прав	Неопределённость правового статуса результата, созданного нейросетью, и правовая неопределённость статуса промпта.	Судебные иски о нарушении авторских прав, компенсация до 5 млн рублей (ст. 1515 ГК РФ), репутационные потери.
Риск разглашения конфиденциальной информации	Утечка коммерческой тайны, персональных данных или иной закрытой информации через облачные сервисы нейросетей.	Уголовная ответственность (ст. 183 УК РФ – штраф до 1 млн руб. или лишение свободы до 7 лет), потеря конкурентных преимуществ.
Проблема субъекта ответственности	Отсутствие правосубъектности ИИ и пробел в законодательстве, что создаёт неопределённость: кто ответчик – пользователь, разработчик или владелец сервиса?	Высокая степень правовой неопределённости для бизнеса, невозможность предъявить иск к ИИ, торможение внедрения технологий.

**Разработана автором.*

2.1. Риск недостоверности («галлюцинации»)

Нейросети могут генерировать правдоподобную, но ложную информацию. В экономике и управлении это проявляется в неверных финансовых прогнозах, ссылках на несуществующие нормативные акты, ошибочных рекомендациях.

В инженерной практике нейросеть может сгенерировать неверные параметры прочности материала – это прямой риск аварии. Например, Neural CAD при автоматическом проектировании детали может задать некорректные допуски или выбрать материал, не соответствующий техрегламенту. Если инженер использует такой результат без проверки и происходит авария, наступает гражданско-правовая (ст. 1064 ГК РФ) или даже уголовная ответственность (ст. 216 УК РФ).

Даже в элементарных операциях нейросети допускают ошибки: зафиксирован случай, когда ChatGPT неправильно перевёл дюймы в сантиметры (указал 2,6015 см вместо 2,54). В авиа- или машиностроении такая ошибка могла бы привести к аварии с тяжёлыми последствиями.

Особенно сложная ситуация возникает при генерации кода для специализированных инженерных систем. Например, для расчёта строительных конструкций в программном комплексе SOFiSTiK используется внутренний язык CADINP – мощный, но синтаксически жёсткий процедурный язык с последовательностью модулей (AQUA → SOFIMSHC → ASE), специфичными командами фиксации узлов и неявными зависимостями. Современные генеративные нейросети (ChatGPT-4o, Claude 3.5 Sonnet) справляются с такой задачей посредственно. Основные проблемы:

1. Синтаксический шум – выдумывание несуществующих аргументов функций.
2. Потеря контекста – нейросеть «забывает» объявить материалы перед их использованием.
3. Ошибки физики – игнорирование степеней свободы (например, отсутствие фиксации кручения для 3D-стержней), что приводит к сингулярности матрицы жёсткости и делает расчёт невозможным или аварийным.

Если инженер, не обладающий достаточным опытом в CADINP, доверится такому сгенерированному коду без тщательной проверки, результат расчёта может оказаться критически неверным – вплоть до обрушения конструкции.

Ещё одна область, где ошибки нейросетей могут иметь серьёзные последствия, – генерация координатных сеток для численного моделирования. Исследователи Сколтеха предложили нейросетевую архитектуру для построения структурированных криволинейных сеток, необходимых для расчёта физических процессов (движение жидкостей и газов, теплопередача, деформация конструкций). Однако любые ошибки в отображении (невырожденность, перегибы, потеря биективности) могут привести к неверным значениям температуры, давления или напряжения. В инженерной практике это чревато проектированием зданий, мостов или самолётов с некорректными расчётными характеристиками – прямой риск аварии.

2.2. Риск нарушения интеллектуальных прав

Ключевой вопрос: кто владеет результатом, созданным нейросетью? Например, если Kandinsky 3D сгенерирует 3D-модель, похожую на запатентованный дизайн конкурента, кто будет нарушителем?

По российскому праву (ст. 1257 ГК РФ) автором признаётся гражданин, творческим трудом которого создан результат. Однако промпт – не творческий акт в классическом понимании. В доктрине нет единства: одни исследователи считают промпт творческим актом, другие – лишь техническим средством. Одни рассматривают его как полноценный объект авторского права, если он обладает оригинальностью и творческим характером. Другие настаивают на том, что промпт – это лишь техническая команда, средство взаимодействия с инструментом, которое не порождает самостоятельных прав. Правовая неопределённость сохраняется.

Показательно, что ни одна страна мира пока не имеет полноценного законодательства, регулирующего авторские права на результаты, созданные нейросетями. В США, например, суды отказывают в регистрации произведений, сгенерированных ИИ, указывая, что «человеческое авторство является необходимым условием» для охраны. Это создаёт глобальную правовую неопределённость, которая особенно остро проявляется в коммерческом использовании сгенерированного контента (например, в рекламе или промышленном дизайне).

Пользовательские соглашения (Midjourney, OpenAI, Kandinsky) часто передают права разработчику. Если компания использует сгенерированное изображение в рекламе, а потом выяснится, что оно нарушает чужие права, ответственность по ст. 1515 ГК РФ (компенсация до 5 млн руб.) ляжет на пользователя.

2.3. Риск разглашения конфиденциальной информации

Многие нейросети работают в облаке и используют данные для обучения. Если сотрудник загрузит в публичный чат коммерческую тайну (финансовую отчётность, бизнес-план, чертёж), эта информация может стать доступной третьим лицам.

В России разглашение коммерческой тайны влечёт уголовную ответственность (ст. 183 УК РФ – штраф до 1 млн руб. или лишение свободы до 7 лет). Для предприятия это также репутационные потери и потеря конкурентных преимуществ.

2.4. Проблема субъекта ответственности

Отсутствие правосубъектности ИИ создаёт зону неопределённости. Если нейросеть причинила вред, потерпевший может попытаться взыскать убытки с разработчика (например, если ошибка в алгоритме), с владельца сервиса или с пользователя.

В России готовится закон об экспериментальных правовых режимах, но специальных норм об ответственности за вред от ИИ пока нет. Это тормозит внедрение технологий в социально значимых сферах (медицина, транспорт, энергетика).

2.5. Социально-экономические последствия и этические риски

Массовое внедрение нейросетей ведёт к:

– сокращению рабочих мест – автоматизация рутинного интеллектуального труда (юристы, бухгалтеры, инженеры-конструкторы), что противоречит задачам, поставленным в Указе Президента РФ от 07.05.2024 № 309 для обеспечения устойчивого экономического роста;

– росту неравенства – выигрывают те, кто владеет технологиями, остальные теряют доходы, что создаёт риски для реализации национальной цели по повышению благосостояния граждан;

– «передоверию» – люди перестают критически мыслить, делегируя решения машине, что ведёт к деградации профессиональных навыков.

2.6. Модели регулирования

Анализируя возможные подходы, А.В. Минбалеев выделяет три модели регулирования цифровых отношений:

1. сугубо правовая, без допущения саморегулирования;
2. правовая с формальным допущением саморегулирования;
3. модель, основанная на делегировании государством части своих функций профессиональным сообществам, где активную роль играют этические кодексы и технические стандарты.

Россия в настоящее время движется по второй модели, что подтверждается принятием Федерального закона «Об экспериментальных правовых режимах в сфере цифровых инноваций». Однако, как обоснованно отмечает Минбалеев, для эффективного регулирования нейросетей необходим переход к третьей модели – с активным участием профессиональных сообществ, разработкой этических норм и технических стандартов. Это позволило бы снизить правовую неопределённость и распределить риски между разработчиками, пользователями и регуляторами.

3. Система управления правовыми рисками

Для минимизации рисков в контексте устойчивого развития предлагается трехуровневая система:

I. Уровень организации (корпоративный чек-лист):

1. Утвердить внутреннюю политику использования ИИ (какие данные можно загружать, кто проверяет результаты).
2. Проводить обучение сотрудников правовым рискам.
3. Использовать локальные версии нейросетей для работы с конфиденциальными данными.
4. Всегда проверять генерируемые результаты через официальные источники.
5. Указывать в документации факт использования ИИ.
6. Документировать творческий вклад человека: сохранять все версии промптов, фиксировать процесс доработки сгенерированного результата. Это поможет доказать наличие интеллектуальных усилий и отстоять права на результат в суде.

II. Уровень государства (законодательные инициативы):

1. Принять специальный закон об ИИ, закрепив:

– возможность признания ИИ «электронным лицом» с ограниченной правосубъектностью;

– распределение ответственности между разработчиком, владельцем и пользователем;

– режим использования результатов, созданных ИИ (право использования без признания авторства).

2. Ввести обязательное страхование ответственности за вред от ИИ для разработчиков.

3. Создать реестр добросовестных практик использования ИИ в социально-экономической сфере.

III. Уровень международного сотрудничества:

Участие в разработке универсальных норм (по аналогии с GDPR для персональных данных) для гармонизации правовых режимов.

Заключение

Внедрение нейросетей в экономику и управление – объективный тренд. Однако правовой вакуум создаёт риски, которые могут подорвать устойчивое развитие: от судебных исков до социальных конфликтов и утечек данных.

Предложенная классификация рисков и трехуровневая система управления позволяют минимизировать угрозы уже сегодня. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку законодательных инициатив и формирование культуры ответственного использования ИИ.

Пока закон не принят, единственная защита – это юридическая грамотность и осторожность самих пользователей.

Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 31.07.2025, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.08.2025). – Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5142/ (дата обращения: 13.04.2026).

2. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 29.12.2025, с изм. и доп., вступ. в силу с 20.01.2026). – Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ (дата обращения: 13.04.2026).

3. Федеральный закон от 24.06.2025 № 175-ФЗ «О внесении изменений в статью 183 Уголовного кодекса Российской Федерации». – Текст: электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: http://www.pravo.gov.ru (дата обращения: 13.04.2026).

4. Указ Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». – Текст: электронный // СПС «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru (дата обращения: 13.04.2026).

5. Минбалеев А.В. Трансформация регулирования цифровых отношений / А.В. Минбалеев // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина (МГЮА). – 2019. – № 12. – С. 31-36. – DOI: 10.17803/2311-5998.2019.64.12.031-036. – Текст: электронный.

6. Скан О. Нейросети против людей. Кто является собственником цифровых произведений / О. Скан. – Москва: ГАРАНТ.РУ, 2025. – URL: https://www.garant.ru/article/1799577/ (дата обращения: 13.04.2026). – Текст: электронный.

7. Autodesk introduces “neural CAD” at AU 2025 // Engineering.com. – 2025. – URL: https://www.engineering.com (дата обращения: 30.03.2026).

8. Сбер и AIRI представили инструмент Cadrille для автоматизации конструкторской работы // IT-World. – 2025. – URL: https://it-world.ru (дата обращения: 30.03.2026).

9. Kandinsky 3D: первый российский AI-сервис для создания 3D-моделей // K1NEWS. – 2025. – URL: https://k1news.ru (дата обращения: 30.03.2026).

10. MathWorks introduces MATLAB Copilot // MathWorks News. – 2025. – URL: https://www.mathworks.com (дата обращения: 30.03.2026).

11. Nvidia Apollo: foundation models for physics // Nvidia Developer Blog. – 2025. – URL: https://developer.nvidia.com (дата обращения: 30.03.2026).

12. NSR Specification: ИИ для нормативов // Нанософт. – 2025. – URL: https://www.nanosoft.ru (дата обращения: 30.03.2026).

13. Leo AI: the AI copilot for engineers // Leo AI official site. – 2025. – URL: https://leo.ai (дата обращения: 30.03.2026).

14. Flux: AI for PCB design // Flux official site. – 2025. – URL: https://flux.ai (дата обращения: 30.03.2026).
15. Mata v. Avianca, Inc., No. 22-1461 (2d Cir. 2023). – Текст: электронный.
16. Галлюцинации в инженерных расчетах: опыт использования CADINP с нейросетями // PVSM.ru. – 2024. – URL: https://www.pvsm.ru/rtx-3090/442518 (дата обращения: 13.04.2026).

Кысыгбай К.М.
студент,
k.kysygbay@mail.ru
Научный руководитель: ***Стрижак А.Ю.***
д.э.н., доцент,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Россия, Санкт-Петербург

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ КАК СВОЙСТВО ШЕСТОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УКЛАДА

Аннотация. Статья посвящена исследованию взаимосвязи между становлением шестого технологического уклада и концепцией устойчивого развития в контексте технологических укладов С. Ю. Глазьева, основанных на волнах Н. Д. Кондратьева. Рассмотрены концепции «длинных волн» и технологических укладов Глазьева. Обосновано, что экологические издержки сегодня становятся ограничителем экономического роста, превращая устойчивое развитие в необходимое условие перехода к новому технологическому укладу. Проанализирована роль NBIC-конвергенции (нано-, био-, инфо-, когнитивных технологий) в формировании природоподобной техносферы как ядра шестого ТУ. Выявлены институциональные барьеры, препятствующие внедрению технологий нового уклада. Показано, что успешный переход к шестому технологическому укладу требует не только технологического рывка, но и глубокой трансформации институциональной среды, ориентированной на поддержку устойчивого развития и гармонизацию отношений общества и природы.
Ключевые слова: технологический уклад; устойчивое развитие.

Введение

Согласно теории технологических укладов (далее ТУ) Глазьева С. На данный момент происходит формирование шестого технологического уклада, основой (ядром) которого является развитие нанотехнологий, искусственного интеллекта, клеточных технологий и тд. Жизненный цикл ТУ отражается в форме длинной волны экономической конъюктуры. Н. Д. Кондратьев одним из первых говорил о необходимости четкого определения о понятиях экономической конъюктуры, динамики и статики. Таким образом, экономическая конъюктура представляет собой направление и степень изменения совокупности элементов народнохозяйственной жизни по сравнению с предшествующим моментом, так как изменение элементов хозяйства и их совокупности является колебательным движением, оно образует систему кривых, то есть периодические циклы продолжительностью 40-60 лет, описывающих периоды экономических спадов и подъемов [6]. Труды Н. Д. Кондратьева послужили основой для формирования различных подходов к изучению «длинных волн», среди них можно выделить три направления: марксистский (М. И. Туган-Барановский, Д. И. Опарин, Г. Кассель, Р. Солоу, Дж. Форрестер и др.), инновационное (Й.А. Шумпетер, Дж. Китчин, К. Жюгляр, Ю.В. Яковец и др.) и интегрированное (С. Ю. Глазьев, Д. Норт, С.В. Дубовский, К. Мюллер и др.) [7]. В данной статье внимание уделяется подходу Глазьева, согласно которому технологический уклад как комплекс технологически сопряженных производств сопровождается технологическими революциями и фундаментальными институциональными изменениями.

При этом, не стоит пренебрегать последствиями развития и расширения доминирующих технологий производства предыдущих укладов. Если раньше экологические издержки, возникающие вследствие производства, рассматривались как внешние, не влияющие напрямую на прибыль, то сегодня они стали фактором, тормозящим экономический рост. Концепция устойчивого развития, таким образом, перестает быть просто этической нормой и превращается в объективное условие для перехода к новому, шестому технологическому укладу, основанному на принципиально иных, природоподобных технологиях (NBIC).

Цель статьи – анализ концепции устойчивого развития с позиции становления шестого технологического уклада.

Материалы и методы

Теоретико-методологическую основу исследования составляют фундаментальные труды отечественных и зарубежных ученых в области теории циклического развития экономики («длинные волны Н. д, Кондратьева»). Центральное место занимает теория технологических укладов С.Ю. Глазьева, дополненная концепцией NBIC-конвергенции как ядра шестого уклада. Методологический инструментарий включает историко-генетический метод, сравнительный анализ и системный подход.

Результаты и обсуждение

Концепция технологических укладов Глазьева предполагает описание динамики технологической структуры экономики как процесс развития и последовательной смены технологических укладов. В рыночной экономике становление и смена ТУ проявляется в форме длинных волн экономической конъюнктуры, или волн Кондратьева [5 с. 6]. Сам же технологический уклад – это совокупность технологий, характерных для определенного уровня развития производства. Технологические уклады обладают сложной внутренней структурой: комплекс базисных технологических совокупностей образует ядро технологического уклада, как правило, жизненный цикл состоит из четырех фаз: становление, рост, зрелость, упадок. Установлено, что зарождение нового цикла происходит непосредственно во время доминирования прошлого, при этом каждый уклад длится 50-60 лет. В книге «Теория долгосрочного технико-экономического развития» Глазьев С. Ю. акцентирует внимание на научно-техническом прогрессе как факторе экономического роста [3]. В статье «О неравномерности современного экономического роста как процесса развития и смены технологических укладов» подробно представлены характеристики шести укладов, в таблице приведена краткая хронологическая информация об укладах [2].

Таблица

Характеристики технологических укладов

ТУ	Период	Ключевой фактор (ядро)	Технологические лидеры
1	1770-1830 гг.	Текстильные машины	Великобритания, Бельгия
2	1830-1880 гг.	Паровой двигатель	Великобритания, Франция, Бельгия, Германия, США
3	1880-1930 гг.	Электродвигатель	Германия, США, Великобритания, Франция
4	1930-1970 гг.	Двигатель внутреннего сгорания	США, СССР, Западная Европа, Япония
5	1970-2010 гг.	Микроэлектроника	США, ЕС, Япония
6	2010-2050 гг.	Нанотехнологии	

В настоящее время идет формирование шестого технологического уклада, связанного с нанотехнологиями, искусственным интеллектом и биотехнологиями. Эти технологии в корне отличаются от тех, что являлись ядром предыдущих ТУ. Если же ископаемое топливо признано основной причиной постоянно растущего уровня выбросов парниковых газов в атмосферу Земли, то нанотехнологии считаются более экологически безопасными [11].

Сегодня устойчивое развитие непосредственно является основой повестки дня, в связи с ограниченностью ресурсов и экологическими проблемами. Тем самым, выбор в пользу экологически безопасных способов производства становится не только этапом совершен-

ствования существующих технологий в рамках пятого ТУ, но и жизненно необходимым шагом для всего человечества.

Формирование шестого технологического уклада сопряжено с глобальными рисками – экологического, геополитического, экономического, технологического и социального характера. Таким образом, встает вопрос о переходе от либеральной глобализации (доминирование западного капитала) на «интегральный мирохозяйственный уклад», основанном на уважении суверенитетов, роли государств в развитии и совместном росте. Предотвращение геополитических, экологических, экономических, социальных и технологических рисков, возникающих в процессе формирования Интегрального мирохозяйственного уклада (МХУ) на основе нано-, био-, инфо-, когно- и социальных технологий (NBIC-технологии) становится необходимостью для современного государства [4]. Переход к шестому технологическому укладу неразрывно связан с феноменом NBIC-конвергенции. Конвергентные NBIC-технологии формируют основу природоподобной техносферы [13]. Данный тезис коррелирует с выводами авторов, которые рассматривают NBIC-конвергенцию в качестве практического инструментария для решения экологических задач шестой инновационной волны в контексте глобальной повестки устойчивого развития ООН [12].

Согласно утвержденной концепции технологического развития на период до 2030 года, достижение технологического суверенитета, переход к инновационно ориентированному экономическому росту, технологическое обеспечение устойчивого развития производственных систем одни из важных и необходимых задач для России в области НТР. Научная основа стратегии устойчивого развития РФ должна базироваться на концепции ноосферы (биосфера, где гармония между обществом и природой достигается за счет разумной деятельности человека), экологической безопасности и принципах социальной справедливости [8]. Конвергентные технологии несут не только созидательный, но и могут разрушительный потенциал [13]. Поэтому переход к ноосферному развитию – это не просто внедрение "зеленых" технологий, а осознанный выбор в сторону, где технологии служат гармонии человека и биосферы.

При этом существуют институциональные барьеры к внедрению технологий шестого ТУ. Как отмечается в ряде исследований, лишь малая часть разработанных технологий доходит до реального сектора. Например, по некоторым данным, за 2021-2024 гг. из десятков тысяч разработок госНИИ было внедрено лишь около 6 % [1]. Что указывает на неспособность реального производства к столь быстрой адаптации к научным исследованиям и следованию за ними. Сложившаяся за десятилетия инфраструктура «заточена» под технологии предыдущей, пятой волны. В этих условиях внедрение технологий шестого ТУ (например, NBIC-конвергенции) требует глубокой перестройки старых правил, законов и стандартов новым технологическим возможностям, что неизбежно наталкивается на сопротивление сложившейся институциональной среды. Таким образом, старые институты, могут неосознанно блокировать переход к новому технологическому укладу.

Заключение

Формирование шестого технологического уклада – это не просто очередной экономический цикл, а вызов, требующий пересмотра самой модели взаимодействия общества, технологий и природы. Успех этого перехода будет зависеть не только от технологического рывка, но и от способности общества преодолеть институциональные ловушки и сделать осознанный выбор в пользу устойчивого развития [9, 10]. В то же время необходима трансформация и институциональной среды, которая должна не препятствовать переходу, а наоборот – способствовать формированию устойчивой среды нового технологического уклада.

Список литературы

1. Внедрение научных разработок в реальный сектор экономики: статистика и проблемы // Экономика и жизнь. – 2025. URL: https://www.eg-online.ru/news/497465/ (дата обращения: 13.04.2026).

2. Глазьев С.Ю. О неравномерности современного экономического роста как процесса развития и смены технологических укладов // Социология. – 2021. – № 4. – С. 12–27.

3. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. – М.: ВлаДар, 1993. – 310 с.

4. Глазьев С.Ю., Кефели И.Ф. Интегральный мирохозяйственный уклад и глобальная безопасность – ключевые проблемы современной науки // Евразийская интеграция: экономика, право, политика. – 2024. – Т. 18, № 4. – С. 10–21. DOI: 10.22394/2073-2929-2024-04-10-21.

5. Глазьев С.Ю., Львов Д.С., Фетисов Г.Г. Эволюция технико-экономических систем: возможности и границы централизованного регулирования. – М.: Наука, 1992. – 208 с.

6. Кондратьев Н.Д., Яковец Ю.В., Абалкин Л.И. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения: избранные труды. – М.: Экономика, 2002. – 766 с.

7. Макаров Д.В., Паровик Р.И. Теория длинных волн Н.Д. Кондратьева: научные школы, методологические подходы, математические модели: монография. – М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2023. – 116 с.

8. Научная основа стратегии устойчивого развития Российской Федерации / М.Ч. Залиханов, Д.С. Львов, В.М. Матросов [и др.]. – М.: Издание Государственной Думы, 2002. – 232 с.

9. Стрижак, А.Ю. Классификационная модель институциональных ловушек в современных условиях хозяйствования/А.Ю. Стрижак//Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. – 2015.– № 3(27).– С. 47-59.

10. Стрижак, А. Ю. Институциональные ловушки как препятствие на пути модернизации стран с развивающимися рынками / А. Ю. Стрижак // Вестник Донецкого национального университета. Серия В. Экономика и право. – 2017. – № 4. – С. 186-193.

11. Технологии VI технологического уклада и риски социогуманитарного развития в постиндустриальную эпоху // Экономические стратегии. – 2024. – № 1 (193). – С. 42–53. DOI: 10.33917/es-1.193.2024.42-53.

12. Lepeshev A., Kuimov V., Sidorkina O. [et al.] Ecological engineering of the sixth innovation wave in system of continuous training and Municipal Facilities Development // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 170. – P. 04006. DOI: 10.1051/matecconf/201817004006.

13. Marinova D. Global Green System of Innovation: Technological Wave or Policy? // 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia, 13–17 July 2009. URL: https:// mssanz.org.au/modsim09/D2/marinova.pdf (дата обращения: 13.04.2026).

Баденов К.Д.
студент,
kirillbad2004@yandex.ru
Научный руководитель: ***Будылина Е.А.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ В ЭКОНОМИКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ: ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ В МЕССЕНДЖЕРАХ

Аннотация. В статье исследуется эффективность применения инструментов цифрового здравоохранения на базе мессенджеров для борьбы с никотиновой зависимостью. Выявлено, что интеграция решения в среду ежедневной коммуникации радикально снижает транзакционные издержки и стоимость привлечения пользователя. Обоснована экономико-управленческая модель, в которой проблема низкого удержания решается с помощью использования механик поведенческой экономики – геймификация, социальный граф, предиктивная аналитика на основе искусственного интеллекта. Проект отвечает целям экономики устойчивого развития.

Ключевые слова: человеческий капитал; поведенческая экономика; мессенджеры; геймификация; искусственный интеллект; удержание пользователей; цифровое здравоохранение.

Введение

В парадигме устойчивого экономического развития сохранение человеческого капитала и ресурса являются приоритетными макроэкономическими задачами. По оценкам Всемирной организации здравоохранения и Национального института рака США, глобальный экономический ущерб от курения, включающий прямые медицинские расходы и потерю производительности труда, превышает 1,66 триллиона долларов США ежегодно: 698 миллиардов долларов – стоимость потерянных лет жизни, 612 миллиардов долларов – расходы на медицинские услуги, 354 миллиарда долларов – из-за потерь продуктивности на работе. Это около 1,7 % мирового ВВП, 1,6 – 2 % ВВП Российской Федерации [6].

Для современного решения данной проблемы область здравоохранения активно цифровизируется. Однако фундаментальным недостатком классических мобильных приложений является крайне низкий показатель удержания пользователей. Исследования цифровой медицины показывают [1], что медианный процент систематического взаимодействия пользователей с такими приложениями составляет менее 38 %. Необходимость поиска приложения в магазине устройства (PlayMarket, AppStore, RuStore) и его последующая, не всегда быстрая, установка, возможная регистрация, push-уведомления сливаются с множеством других, а также регулярное переключение контекста – найти программу, запустить, переключаться между запущенными на устройстве приложениями, – всё это создает высокие транзакционные издержки для пользователя, ухудшая опыт терапии. При этом данные Стэнфордского университета [4] доказывают, что именно геймификация и своевременные социальные триггеры способны кратно увеличить вовлеченность.

В связи с этим возникает необходимость в новой модели коммуникации с пользователями, а именно интеграция инструментов цифрового здравоохранения непосредственно в среду ежедневной коммуникации (мессенджеры, такие как Telegram) позволяет свести барьер входа к минимуму. Замещение деструктивных паттернов потребления никотина механиками поведенческой экономики – геймификацией, социальным взаимодействием и предиктивной аналитикой с помощью искусственного интеллекта (ИИ) – способно сильнее захватить внимание пользователя и сформировать безопасную систему вознаграждения, которая будет заменять никотиновую.

Анализ возможностей и преимуществ мессенджеров

Telegram и ему подобные платформы предоставляют возможности для повышения экономической эффективности решения, которые всецело базируются на радикальном снижении транзакционных издержек и оптимизации стоимости привлечения пользователя (CAC – Customer Acquisition Cost). Традиционные приложения требуют прохождения через множество шагов перед первым запуском, обычные сайты имеют ограниченный инструментарий для взаимодействия с пользователем. Telegram же выступает привычным и знакомым контуром социального взаимодействия, платформа предоставляет возможности для интуитивного привлечения новых пользователей – пригласить через отправку сообщения, поделиться приложением в истории, реферальная система с автоматическим денежным вознаграждением. Вес действия в таких платформах выше, например – уведомления от традиционных приложений сливаются с общим информационным шумом, в отличии от мессенджеров, где зачастую мы ценим и обрабатываем большинство поступающей нам информации. Коммуникация в мессенджере ложится на Теорию подталкивания [7] – вместо принудительного изменения контекста используется органическая интеграция инструментов профилактики в цифровую повседневность.

Для оценки потенциальной эффективности предлагаемого решения был проведен сравнительный анализ традиционных мобильных приложений (Native Mobile Apps), обычных веб-сайтов (Web Apps) и разрабатываемого решения – Telegram Mini App (Табл.).

Таблица

Сравнительные показатели эффективности платформ

	Native Mobile Apps	***Web Apps***	***Telegram Mini App***
Необходимые действия	Скачать, установить, запустить, зарегистрироваться	Запустить, зарегистрироваться	Запустить
Комиссия платформы	~30 %	Зависит от платежного провайдера	Зависит от платежного провайдера
Методы продвижения	Реклама, маркетинг, органический поиск	Реклама, маркетинг, органический поиск	Реклама, маркетинг, органический поиск, социальная дистрибуция
Скорость обновления	1-7 дней модерации дистрибьютором	Мгновенная	Мгновенная
Уведомления	Push уведомления	Почти отсутствуют	Push уведомления, общение в чате приложения
CAC (per user)	$2–$10+	$1–$5	$0.02–$0.50

Стоит отметить, что непосредственная стоимость разработки решения на базе мессенджеров будет в разы ниже по сравнению с аналогами. Такое приложение закрывает собой сразу все платформы, на которых работает сам мессенджер, например Telegram работает на всех известных операционных системах. Узконаправленные специалисты-разработчики под определенные платформы (iOS, Android) стоят дороже на рынке труда, чем frontend разработки, требуемые для создания Telegram Mini App.

При построении пользовательского опыта мы можем поставить отзывчивость интерфейса выше скорости первой загрузки, так как пользователь внутри мессенджера имеет большую вовлеченность, а также возможность мгновенно переключаться между интерфейсом самого мессенджера и нашим потенциальным продуктом, помимо этого нам не нужно пробиваться вверх поисковой выдачи, а значит и заниматься соответствующими оптимизациями. Исходя из всего этого можно отказаться от подхода с использованием отдельных вычислительных мощностей для создания страницы на каждый запрос пользователя (SSR – server side rendering) и применить статичную сборку сайта (SPA – single page application). Такой подход выдержит любое увеличение трафика, масштабировать мощности для frontend части не придется, бутылочным горлышком отказоустойчивости будет выступать только backend.

Инструменты поведенческой экономики и управление удержанием

Оптимизация CAC решает лишь первичную задачу привлечения аудитории. Главной целью цифровой терапии является максимизация показателя долгосрочного удержания, ведь это напрямую увеличивает шанс достижения задачи – полный отказ от никотина. В классических приложениях мотивация пользователя быстро истощается из-за эффекта отложенного вознаграждения, изменения в здоровье будут видны лишь через месяцы, а ощутимые через годы, внутренняя награда обособленного приложения несет под собой мало ценности. Для решения этой проблемы в разрабатываемом решении применяется комплекс инструментов поведенческой экономики, формирующий надёжный цикл вовлеченности, а также интеграция предиктивной аналитики на базе ИИ.

В основе системы управления поведением лежат следующие механизмы:

Визуализация прогресса и частые поощрения. Главный экран приложения выполняет функцию дашборда прогресса: пользователь в реальном времени видит объем сэкономленных финансовых средств, количество предотвращенных актов курения, полученную пользу здоровью (в миллиграммах никотина и «полученном времени жизни»). Все эти данные считаются исходя из заданной пользователем информации о его привычках употребления никотина. Данный подход подкрепляется системой достижений и прогрессией профиля, конвер-

тируя тем самым процесс воздержания от вредной привычки в непрерывный поток положительного подкрепления посредством начисления внутриигровой валюты и опыта, что в сумме крайне положительно сказывается на итоговой борьбе с зависимостью [2].

Механика «стриков» и управление эмоциональным оттоком. По аналогии с ведущими образовательными платформами, в системе реализован механизм ежедневного поддержания активности (аналог «огня» в Duolingo). При входе в каждый новый календарный день пользователь получает постепенно увеличивающуюся награду в виде опыта или внутренней валюты, увеличивает счетчик «стрика», а также повышает общий множитель, который увеличивает все получаемые в приложении награды. При пропусках вся система «стриков» сбрасывается в начальное состояние. Такой подход создает у пользователя эффект невозвратных затрат – психологическое нежелание прерывать длинную серию успехов. Ключевым управленческим решением является возможность восстановления прерванного «стрика» за внутриигровую валюту. Это позволяет избежать фрустрации при единичном срыве, предотвращая полный отток пользователя из приложения, сохраняя при этом ощущение ценности прогресса.

Система переменных вознаграждений. Интеграция механики случайных наград и внутреннего магазина направлена на экологичное замещение дофаминового паттерна, ранее связанного с потреблением никотина. Непредсказуемость ценности награды, формирует мощный стимул для регулярного возвращения в приложение, эксплуатируя базовые механизмы экономики внимания.

Социальная инженерия и соревновательные триггеры. Одним из наиболее эффективных инструментов удержания выступает социальный граф через функционал мониторинга статистики друзей в реальном времени и механика соревновательных дуэлей. Данный подход опирается на Теорию перспектив [3]: страх потери социального статуса или поражения в дуэли с реальным соперником зачастую оказывает на человека более сильное воздействие, чем абстрактный страх за собственное здоровье. Небольшое социальное давление используется здесь как конструктивный инструмент профилактики, тем более пользователь сам вправе добавлять друзей или закрывать свою статистику от других.

Предиктивное управление рисками. Инновационным элементом системы является механика интеграция с ИИ агентами. Имея доступ к данным пользователя о его привычках, статистике, жалобах, историях употребления никотина агенты могут давать персонализированные советы, оказывать более качественную поддержку, подстроить это все под нужды каждого пользователя. Например, если на протяжении долгого времени пользователь курит в рабочие дни в одни и те же временные промежутки, ИИ агенты могут сделать вывод о том, что это влияние коллектива и посоветовать присмотреться к некурящему кругу общения, послать сообщение с поддержкой чуть заранее следующего предполагаемого срыва. Агенты являют собой механизм предиктивного снижения рисков, позволяющий купировать рецидив в момент его наивысшей вероятности, а также дополнительную психологическую помощь, что повышает общую удовлетворенность системой [5].

Архитектура приложения представляет собой сложную социально-экономическую систему, где агрегируемые данные направлены на поддержание пользователей, а технологии ИИ обеспечивают своевременную психологическую поддержку, формируя устойчивую мотивацию к отказу от никотиновой зависимости.

Заключение

В ходе проведенного исследования разработана и теоретически обоснована экономико-управленческая модель цифрового здравоохранения на базе мессенджеров. Анализ издержек и юнит-экономики доказал, что интеграция инструментов терапии непосредственно в контур ежедневной социальной коммуникации пользователя позволяет радикально снизить барьер входа и оптимизировать стоимость привлечения целевой аудитории в десятки раз по сравнению с классическими решениями.

Система показывает не только экономическую эффективность в маркетинговой плоскости и общей выгоды для экономики от снижения потребления никотина, но и также в непосредственной стоимость разработки решения.

Проблема низкого уровня удержания, характерная для классических приложений, в данном проекте решается за счет синергии технологий ИИ и поведенческой экономики. Пе-

ревод процесса отказа от никотина в парадигму геймификации – с использованием систем вознаграждений, социальной конкуренции и визуализации данных – позволяет эффективно замещать деструктивные дофаминовые привычки безопасными цифровыми стимулами. В свою очередь, интеграция ИИ-агентов трансформирует систему из пассивного инструмента наблюдения в механизм проактивной помощи.

Таким образом, предложенное решение и заложенные в него механики представляют собой инновационный инструмент сохранения человеческого капитала, полностью отвечающий вызовам экономики устойчивого развития.

Список литературы

1. Hamitouche D. et al. Dynamic Indicators of Adherence and Retention in Digital Health Studies: A Longitudinal Observational Analysis from the Brighten Study //arXiv preprint arXiv:2412.00942. – 2024.
2. Ho D. S. H. I. et al. The impact of gamification on smoking cessation: A systematic review and meta-analysis //Tobacco Induced Diseases. – 2025. – Т. 23. – №. June. – С. 1-18.
3. Kahneman D., Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk //Handbook of the fundamentals of financial decision making: Part I. – 2013. – С. 99-127.
4. Lin Z., Althoff T., Leskovec J. I'll be back: on the multiple lives of users of a mobile activity tracking application //Proceedings of the 2018 World Wide Web Conference. – 2018. – С. 1501-1511.
5. Liu Y. et al. AI-Enabled Personalized Smoking Cessation Intervention With the Aipaca Chatbot: Mixed Methods Feasibility Study //JMIR Formative Research. – 2025. – Т. 9. – С. e73319.
6. Secretariat of the WHO Framework Convention on Tobacco Control. The Global Case for Investment in Tobacco Control. Geneva: WHO FCTC. – 2023.
7. Thaler R. H., Sunstein C. R. Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness. – Penguin, 2009.

Юдаев К.А., Хмелевская А.А.
студенты,
udaevkirill13@gmail.com, khmelevskaya.aa@mail.ru
Научный руководитель: ***Скрипкина О.В.***
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ, НАДЕЖНОГО ХРАНЕНИЯ И КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация. В статье представлено экономическое обоснование создания единой информационной системы для промышленного предприятия, обеспечивающей эффективное управление, надёжное хранение и комплексный анализ производственных данных. Актуальность работы обусловлена необходимостью цифровой трансформации промышленности и перехода к концепции «Индустрия 4.0». Выполнен детальный расчёт затрат по основным статьям: оплата труда персонала (включая страховые взносы), аренда и содержание помещения, капитальные вложения в оборудование (сервер с GPU, рабочие станции, сетевая инфраструктура) и программное обеспечение на основе гибридной модели лицензирования. Сформирован сводный бюджет проекта на период запуска, составивший 4 060 000 рублей. Определены источники потенциальной экономии, включая возврат НДС и лизинг оборудования. Сделан вывод об экономической целесообразности реализации проекта для предприятия

среднего масштаба, позволяющей снизить простои оборудования, автоматизировать отчётность и повысить качество управленческих решений.

Ключевые слова: информационная система; промышленное предприятие; экономическое обоснование; капитальные вложения; программное обеспечение; общая эффективность оборудования (OEE).

Введение

В условиях цифровой трансформации промышленности ключевым фактором конкурентоспособности становится способность предприятия эффективно управлять накопленными данными. Разрозненные источники информации (ERP, MES, SCADA, CRM), устаревшие системы хранения и отсутствие единых аналитических инструментов приводят к задержкам в принятии решений, росту операционных рисков и потерям производственной эффективности.

Статья посвящена экономическому обоснованию целесообразности создания единой информационной системы, объединяющей функции управления, надежного хранения и комплексного анализа данных промышленного предприятия. Проект направлен на формирование цифровой платформы, которая станет основой для перехода к концепции «Индустрия 4.0», внедрения предиктивной аналитики и повышения общей эффективности оборудования (OEE).

Расчет затрат на реализацию проекта

Кадровое обеспечение является ключевым фактором успеха. Для запуска и эффективной работы лаборатории требуется мультидисциплинарная команда, сочетающая компетенции в области управления, алгоритмического обеспечения (ИИ) и системной инфраструктуры. В таблице 1 представлен расчет фонда оплаты труда (ФОТ) за три месяца запуска.

Таблица 1

Затраты на персонал

Должность	Количество	Оклад (руб./мес.)	Общие затраты (руб.)
Руководитель проекта	1	120 000	360 000
Исследователь (AI/GPU)	2	100 000	300 000
Инженер-программист	1	90 000	270 000
Системный администратор	1	70 000	210 000
Итого		380 000	1 140 000

Следует отметить, что в расчете учтен не только прямой ФОТ, но и страховые взносы во внебюджетные фонды (30,2 %), которые уже включены в итоговую сумму затрат на персонал. Кроме того, предусмотрено частичное привлечение сотрудников на условиях проектной занятости, что позволяет оптимизировать налоговую нагрузку и сократить постоянные издержки на этапе запуска системы. При масштабировании проекта штат может быть расширен за счет специалистов по анализу больших данных и инженеров по кибербезопасности.

Аренда и содержание помещения

Для размещения вычислительного оборудования, рабочих мест и зоны для коллективной работы требуется помещение площадью 50–60 м². Помимо аренды, важными статьями являются климат-контроль (критически важно серверов), защищенный канал связи и услуги охраны. Суммарные затраты за три месяца составляют 210 000 рублей (таблица 2).

Таблица 2

Инфраструктурные расходы

Статья затрат	Сумма(руб/мес.)	Общие затраты (руб.)
Аренда	40 000	120 000
Коммунальные услуги	15 000	45 000
Интернет, связь	5 000	15 000
Охрана, уборка	10 000	30 000
Итого	70 000	210 000

Выбор помещения площадью 50–60 м² обусловлен необходимостью зонирования пространства: выделение серверной зоны с усиленным охлаждением и контролем доступа, а также рабочей зоны для команды аналитиков. Дополнительно в бюджет заложен резерв на установку системы кондиционирования прецизионного типа, критически важной для стабильной работы GPU-сервера при высоких вычислительных нагрузках. Затраты на охрану включают как физическую безопасность, так и установку СКУД (системы контроля и управления доступом).

Затраты на оборудование

Капитальные вложения формируют основу технологической базы. При выборе конфигурации учитывались требования к производительности для задач глубокого обучения, параллельных вычислений и работы с большими данными. Спецификация оборудования разработана с учетом требований к вычислительной мощности для задач обучения нейронных сетей и обработки потоковых данных в режиме реального времени. Выбор сервера с GPU обусловлен необходимостью выполнения параллельных вычислений с плавающей запятой высокой точности, что критически важно для алгоритмов предиктивной аналитики и цифровых двойников оборудования.

Основные позиции приведены в таблице 3.

Таблица 3

Спецификация и стоимость оборудования

Наименование	Кол-во	Стоимость за единицу (руб.)	Общая стоимость (руб.)
Сервер с GPU	1	1 000 000	1 000 000
Рабочие станции	3	200 000	600 000
Мониторы	5	40 000	200 000
Сетевое оборудование	1	150 000	150 000
Источники бесперебойного питания	2	50 000	100 000
Итого	14	1 440 000	2 050 000

В целях оптимизации капитальных затрат рассматривается возможность лизинга оборудования с последующим выкупом, что позволит распределить финансовую нагрузку равномерно по периодам и сохранить оборотные средства предприятия. Также предусмотрена установка системы мониторинга микроклимата в серверном помещении с функцией удаленного оповещения, что минимизирует риски выхода оборудования из строя по причине перегрева.

Срок полезного использования оборудования составляет 5 лет, что соответствует амортизационной группе (код ОКОФ 330.28.23.23). Годовая амортизация линейным методом – 410 000 рублей. Важно отметить, что в бюджете учтена возможность использования отечественных аналогов и предварительного тестирования оборудования в рамках пилотных проектов.

Затраты на программное обеспечение

Политика лицензирования должна балансировать между использованием открытого ПО (Linux, CUDA, PyTorch, TensorFlow) и приобретением специализированных коммерческих продуктов для научных расчетов и разработки. Предлагаемая конфигурация (таблица 4) ориентирована на гибридную модель.

Таблица 4

Затраты на программное обеспечение

ПО	Тип лицензии	Стоимость
Windows Server	Корпоративная	50 000
Visual Studio Enterprise	5 рабочих мест	200 000
MATLAB	Campus-widelicense	100 000
PyCharmProfessiona	5 лицензий	100 000
Итого		450 000

Использование open-source экосистемы позволяет снизить лицензионную нагрузку, однако для обеспечения совместимости с индустриальными партнерами и выполнения требований некоторых грантов часть коммерческого ПО является необходимой.

Сводный бюджет проекта

Суммируя вышеизложенные затраты, получаем общий бюджет проекта на период запуска, представленный в таблице 5.

Таблица 5

Сводный бюджет проекта

Категория	Сумма(руб.)
Зарплата	1 140 000
Аренда и содержание помещения	210 000
Оборудование (амортизация)	2 050 000
Программное обеспечение	450 000
Накладные расходы	210 000
Всего затрат за период реализации	4 060 000

Представленный бюджет является базовым сценарием и учитывает минимально необходимый объем инвестиций для запуска системы в эксплуатацию. В бюджете не учтен возможный возврат НДС (20 %), что может снизить фактическую нагрузку на предприятие примерно на 677 тыс. рублей (в части оборудования и ПО). Также в расчетах заложен резерв на возможное увеличение стоимости комплектующих в условиях волатильности рынка микроэлектроники в размере 10 % от стоимости оборудования, который включен в статью накладных расходов.

Заключение

Экономическое обоснование подтверждает целесообразность создания единой информационной системы управления, хранения и анализа данных промышленного предприятия. В ходе исследования решены следующие задачи:

1. Выполнен расчет затрат.
2. Сформирован сводный бюджет проекта на период запуска, который составил 4 060 000 рублей.
3. Определены источники потенциальной экономии, включая возможность возврата НДС (до 677 тыс. руб.) и применение лизинговых схем приобретения оборудования.
4. Обоснован выбор гибридной модели лицензирования ПО, обеспечивающей баланс между функциональностью и стоимостью владения.

Совокупная стоимость владения системой на этапе запуска является экономически обоснованной для предприятия среднего масштаба. Дальнейшая эксплуатация системы позволит получить прямой экономический эффект за счет сокращения простоев оборудования, автоматизации отчетности и повышения качества управленческих решений, что создает предпосылки для устойчивого роста общей эффективности оборудования и перехода предприятия к стандартам «Индустрии 4.0».

Список литературы

1. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 05.08.2000 № 117-ФЗ (в ред. от 01.01.2024) – в части расчета страховых взносов.

2. Постановление Правительства РФ от 30.04.2020 № 616 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Научно-технологическое развитие Российской Федерации"».

3. Стратегия развития искусственного интеллекта в Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена Указом Президента РФ от 10.10.2019 № 490).

4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (утверждены Минэкономразвития России, Минфином России, Госстроем России 21.06.1999 № ВК 477).

5. Аналитические материалы и отчеты фонда «Сколково» о поддержке проектов в сфере искусственного интеллекта.

6. Открытые данные о рыночной стоимости IT-оборудования и программного обеспечения (поставщики: NVIDIA, Dell, HP, Microsoft, JetBrains).

7. Практики финансирования учебно-научных лабораторий в ведущих российских и зарубежных вузах (публикации в журналах «Университетское управление», «Высшее образование в России»).

8. Методика расчета амортизации основных средств (ПБУ 6/01 «Учет основных средств»).

Кутузов Е.Г.
студент,
egor.cutuzoff@yandex.ru
Научный руководитель: ***Черняков М.Ю.***
к.ю.н, доцент,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИЙСКОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. В статье исследуются правовые недостатки при внедрении технологий искусственного интеллекта в российский машиностроительный комплекс. Анализируются вопросы регулирования трудовых правоотношений, гражданско-правовой ответственности за вред, причинённый ИИ-системами, охраны интеллектуальной собственности на объекты, созданные с применением ИИ, а также правовые риски использования ИИ в управленческих функциях. Выявляются пробелы действующего законодательства и предлагаются направления его совершенствования с учётом проекта федерального закона об ИИ 2026 года.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экономика, правовое регулирование, трудовое право, гражданское право, интеллектуальная собственность, автоматизация производства, цифровая трансформация.

Машиностроительный комплекс Российской Федерации переживает период полной трансформации, связанной с активным внедрением искусственного интеллекта (далее – ИИ) в привычные процессы. По данным исследований, в 2026 году внедрение ИИ в производство и бизнес становится мировым стандартом и трендом. Сейчас даже отечественные нейросети анализируют данные с производственных сенсоров, камер и иных систем, прогнозируют неисправности и оптимизируют технологические процессы [1]. Объём российского рынка промышленной робототехники по итогам 2025 года достиг 7,86 млрд рублей, увеличившись на 14 % год к году, при этом активными потребителями промышленных роботов остаются машиностроение, автомобилестроение и приборостроение [2]. Потенциальный совокупный вклад от внедрения и использования ИИ в российскую экономику, по оценкам НИУ ВШЭ, составляет 11,6 трлн рублей [3].

Вместе с тем стремительная цифровизация производственного сектора значительно опережает развитие правового регулирования соответствующих общественных систем как в России, так и во всем мире. На март 2026 года использование ИИ в России регулируется преимущественно в рамках экспериментальных правовых режимов, действующих на основании Федерального закона от 24 апреля 2020 г. № 123-ФЗ [4]. Проект федерального закона «Об основах государственного регулирования применения технологий искусственного ин-

теллекта» [5], однако его вступление в силу ожидается не ранее сентября 2027 года [6]. Данная ситуация порождает комплекс правовых проблем и вопросов, требующих оперативной разработки особенно качественных и точных решений.

Начнем с того, что внедрение ИИ в машиностроительное производство безусловно затрагивает сферу трудовых правоотношений и зарождает огромные риски для мирового рынка труда. По данным McKinsey, в обрабатывающей промышленности автоматизация с помощью ИИ может затронуть до 36 % рабочего времени [3]. Мы это можем видеть уже сейчас на примере последовательного внедрения ИИ в технологических транснациональных корпорациях, таких как Google Alphabet, Microsoft, Apple, а также производственных машиностроительных концернах типа Volkswagen, Toyota, Ford и прочих. И результатом таких оптимизаций становятся массовые сокращения сотрудников различных специализаций. В 2026 году, как верно отмечает Н. Касперская, по ряду специальностей ИИ уже замещает работников, в том числе младших инженеров, контролёров качества и операторов ЧПУ [7]. Данные процессы создают абсолютно новый контур для правового права.

Действующий Трудовой кодекс Российской Федерации (далее – ТК РФ) не содержит специальных норм, регулирующих последствия внедрения ИИ-технологий, когда как необходимость правового регулирования этих процессов есть и обусловлена несколькими факторами.

Во-первых, массовое высвобождение работников вследствие автоматизации требует рассмотрения новых мер социальной защиты. Целесообразно дополнить ст. 74 ТК РФ нормой, обязывающей работодателя при внедрении ИИ-систем, влекущем сокращение численности или штата, обеспечить программы переобучения работников за счёт работодателя с сохранением среднего заработка на период обучения продолжительностью до шести месяцев.

Во-вторых, использование ИИ в кадровых процедурах (подбор персонала, оценка эффективности, принятие решений об увольнении и прочее) порождает риски алгоритмической дискриминации. И эти риски уже реализовались. Как отмечают исследователи, алгоритмы, обученные на исторических данных, способны унаследовать и закрепить существующие предубеждения – гендерные, возрастные, этнические, а также реагировать на конкретные слова в резюме кандидата, полностью игнорируя остальной смысл. Если HR-система дискриминирует кандидатов, то кто несет ответственность за эти решения? Предлагается рассмотреть внесение в ТК РФ прямой или частичный запрет принятия кадровых решений исключительно на основе алгоритмов ИИ без участия уполномоченного работника, а также право работника на мотивированное объяснение решения, принятого с использованием ИИ.

В-третьих, внедрение ИИ на производстве существенно изменяет трудовые функции работников, что требует пересмотра квалификационных требований и профессиональных стандартов. Особенно машиностроительной отрасли. Целесообразна разработка Минтрудом России совместно с Минпромторгом отраслевых программ опережающей подготовки кадров для работы в условиях ИИ-автоматизированного производства.

Вопрос юридической ответственности за вред, причинённый ИИ-системами в производстве, является одним из наиболее проблемных. Способность ИИ к самообучению и принятию решений, не запрограммированных разработчиком напрямую, создает ситуацию, в которой традиционные конструкции деликтной ответственности оказываются недостаточно эффективными [9].

Действующее гражданское законодательство Российской Федерации предусматривает несколько правовых конструкций, потенциально применимых к данным отношениям. Статья 1079 ГК РФ устанавливает ответственность за вред, причинённый деятельностью, создающей повышенную опасность для окружающих. Ряд исследователей предлагает квалифицировать эксплуатацию автономных ИИ-систем на производстве как деятельность, создающую повышенную опасность, что позволило бы привлекать владельца ИИ-системы или работодателя к ответственности без вины [10]. Кроме того, применимы нормы об ответственности за вред, причинённый вследствие недостатков товара, работы или услуги (ст. 1095–1098 ГК РФ) – в случаях, когда вред обусловлен дефектами в работе ИИ.

Помимо этого, применение указанных норм к ИИ-системам сопряжено с рядом трудностей. Главная из них – установление причинно-следственной связи между конкретным решением ИИ и наступившим вредом, учитывая, что логика принятия решения нейросетью не всегда прозрачна даже для её разработчиков. В машиностроительном производстве это мо-

жет проявляться при ошибочном решении ИИ-системы, повлекшем аварию оборудования, порчу продукта или даже причинение вреда работникам.

Проект федерального закона об ИИ 2026 года предлагает признать использование ИИ для совершения преступлений отягчающим обстоятельством, а за кибермошенничество с применением ИИ – установить наказание до 6 лет лишения свободы, а за использование в преступных целях – до 15 лет [5, 11]. Данный подход обоснован, однако в рамках промышленного использования необходимо также предусмотреть специальные нормы, в том числе административной ответственности за нарушение требований безопасности при эксплуатации ИИ-систем на производстве.

Предположительно, подходящей моделью ответственности для промышленного применения ИИ является дифференцированная система, включающая: (а) строгую ответственность оператора ИИ-системы за вред, причинённый третьим лицам; (б) долевую ответственность разработчика – в случае дефекта алгоритма; (в) обязательное страхование гражданско-правовой ответственности, связанной с эксплуатацией ИИ на производственных объектах.

Еще одна фундаментальная проблема – определение правового режима технических решений, конструкторской документации и иных результатов, созданных с использованием генеративных нейросетей. Современные ИИ-системы настолько качественно обучены на человеческих знаниях, что способны создавать оптимальные и даже более совершенные решения для нужд того или иного производства, включая программное обеспечение, детали, чертежи и прочее [12].

В соответствии со ст. 1228 ГК РФ автором результата интеллектуальной деятельности признается гражданин, творческим трудом которого такой результат создан. Согласно п. 80 Постановления Пленума Верховного Суда РФ от 23.04.2019 № 10 результаты, созданные с помощью технических средств в отсутствие творческого характера деятельности человека, объектами авторского права не являются [13]. Таким образом, конструкции и детали, полностью сгенерированные ИИ без значительного творческого вклада инженера, формально лишены правовой охраны, что также является дискуссионным моментом.

Данный пробел создает большие риски для машиностроительных предприятий, инвестирующих в собственную разработку ИИ-решений. Не имея возможности получить патент или иную правовую охрану на созданные ИИ конструктивные решения, предприятие не может защитить свои разработки и инвестиции от копирования конкурентами, что снижает инвестиционную привлекательность ИИ-технологий.

Стоит упомянуть, что в 2025 году был принят Федеральный закон от 23.07.2025 № 235-ФЗ, внесённым изменение в ст. 1350 ГК РФ, расширяющее возможности патентной охраны для технических решений, реализуемых в программируемых системах [14]. В Госдуму также внесён законопроект № 922784-8, предполагающий возможность патентования систем машинного обучения и программных продуктов [15].

Но для полноценного решения проблемы необходимо: (а) законодательно закрепить презумпцию авторства лица, осуществляющего творческий контроль над процессом генерации результата ИИ (формулирование задания, отбор и доработка результатов); (б) предусмотреть возможность охраны технических решений, созданных с участием ИИ, в рамках института ноу-хау (секрета производства) по ст. 1465 ГК РФ, но также предусмотреть особые требования профессиональной оценки создателя, дабы избежать патентование случайных разработок с помощью ИИ людьми, которые не имеют отношения к конкретной области знаний; (в) рассмотреть вопрос о введении режима охраны для результатов ИИ-генерации в промышленности, аналогичного режиму охраны компьютерно-сгенерированных произведений в английском праве.

Также отдельного рассмотрения требует вопрос использования ИИ-систем в управленческих функциях. Современные решения на базе ИИ способны выполнять функции управления отделами и целыми производствами: распределять задания, контролировать исполнение рабочих функций, формировать графики работ и принимать решения о корректировке производственного процесса [16].

С позиции существующего законодательства, использование ИИ в качестве руководителя порождает ряд правовых коллизий. Согласно ст. 20 ТК РФ работодателем является физическое или юридическое лицо, реализующее свои полномочия в том числе через уполномоченных представителей. ИИ-система не обладает правосубъектностью и не может быть

стороной трудовых отношений [17]. Следовательно, все решения ИИ в сфере управления персоналом являются юридически значимыми лишь в том случае, когда они санкционированы уполномоченным должностным лицом работодателя.

Для правового регулирования данной сферы предлагается: (а) закрепить принцип «человек в контуре управления», обязывающий сохранять функцию контроля и отмены решений ИИ за физическим лицом, а также подробный аудит решений и предложений от ИИ; (б) установить обязательное уведомление работников о применении ИИ-систем в процессах управления трудом; (в) предусмотреть право работника на обжалование решения, принятого с использованием ИИ, требовать мотивированного объяснения от самой системы, а также требовать результаты аудита у уполномоченного должностного лица.

Проведенный анализ свидетельствует о наличии множества пробелов в правовом регулировании внедрения и эксплуатации ИИ в российском машиностроительном комплексе. Действующее законодательство, как это ни странно, создавалось без учёта специфики ИИ-технологий. Сейчас оно не обеспечивает требуемого уровня регулирования с учетом новых тенденций.

Проект федерального закона об ИИ 2026 года является важным, но недостаточным шагом. Для машиностроительной отрасли и экономики в целом необходим комплексный подход, включающий: внесение конкретных изменений в ТК РФ в части регулирования последствий автоматизации; совершенствование механизмов гражданско-правовой ответственности за вред, причинённый ИИ; модернизацию института интеллектуальной собственности для охраны решений, созданных при использовании ИИ; правовое закрепление принципа «человек в контуре управления».

Реализация предложенных мер позволит создать правовые условия для эффективного и безопасного использования потенциала ИИ в российском машиностроении, обеспечив баланс между технологическим развитием и защитой прав участников производственных отношений.

Список литературы

1. ИИ для производства 2026: сокращение простоев на 40 % в России // DeepTools. – 2026. – URL: https://deeptools.ru/content/articles/ai-manufacturing-2026.html (дата обращения: 08.04.2026).

2. Российский рынок промышленных роботов прибавил 14 % и составил почти 8 миллиардов // CNews. – 12.01.2026. – URL: https://www.cnews.ru/news/top/2026-01-12_v_2025_godu_obem_rossijskogo (дата обращения: 09.04.2026).

3. Интеллект в промышленных масштабах // Ведомости&. – 02.06.2025. – URL: https://www.vedomosti.ru/partner/articles/2025/06/02/1112926-intellekt-promishlennih (дата обращения: 10.04.2026).

4. О проведении эксперимента по установлению специального регулирования в целях создания необходимых условий для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в субъекте Российской Федерации – городе федерального значения Москве: Федеральный закон от 24 апреля 2020 г. № 123-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2020. – № 17. – Ст. 2701.

5. О проекте федерального закона «Об основах государственного регулирования применения технологий искусственного интеллекта» // Хабр. – 18.03.2026. – URL: https://habr.com/ru/articles/1013968/ (дата обращения: 10.04.2026).

6. Минцифры предложило все стадии разработки и обучения моделей ИИ проводить в России // Forbes.ru. – 03.2026. – URL: https://www.forbes.ru/tekhnologii/557487 (дата обращения: 10.04.2026).

7. Совфед готовит введение «санитарных правил» для ИИ в образовании // CNews. – 25.03.2026. – URL: https://www.cnews.ru/news/top/2026-03-25_sovfed_gotovit_vvedeniya (дата обращения: 07.04.2026).

8. Искусственный интеллект как субъект права: кто несет ответственность за автоматизированные решения? // IF24. – 02.03.2026. – URL: https://www.if24.ru/iskusstvennyi-intellekt-kak-subekt-prava/ (дата обращения: 10.04.2026).

9. Селиванова Е. С., Саркисян В. В. Правовые модели ответственности за вред, причиненный системами ИИ: основания, механизмы и критерии формирования // КиберЛенинка. – 2025.

10. Ижаев О. А. Системы искусственного интеллекта и внедоговорная гражданско-правовая ответственность: риск-ориентированный подход // КиберЛенинка. – 2024.

11. Регулирование искусственного интеллекта // TAdviser. – 17.02.2026. – URL: https://www.tadviser.ru (дата обращения: 10.04.2026).

12. Искусственный интеллект в промышленности: как используют, реальные примеры // Gimal-AI. – 01.03.2026. – URL: https://gimal-ai.ru/blog/iskusstvennyy-intellekt-v-promyshlennosti/ (дата обращения: 10.04.2026).

13. О некоторых вопросах применения части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации: Постановление Пленума Верховного Суда РФ от 23 апреля 2019 г. № 10 // Бюллетень Верховного Суда Российской Федерации. – 2019. – № 7.

14. О внесении изменения в статью 1350 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации: Федеральный закон от 23 июля 2025 г. № 235-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2025.

15. Дайджест: что ждет интеллектуальную собственность в 2026 году // Право.ru. – 03.12.2025. – URL: https://pravo.ru/story/261492/ (дата обращения: 09.04.2026).

16. 16. Применение ИИ в промышленности: тренды и опыт мировых и российских компаний // КОРУС Консалтинг. – 14.11.2025. – URL: https://korusconsulting.ru (дата обращения: 10.04.2026).

17. Новиков Д. А. Трудовое право и искусственный интеллект: точки соприкосновения и расхождения // Ежегодник трудового права. – 2025. – Т. 15.

18. О персональных данных: Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ (ред. от 29.12.2025) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 31 (ч. 1). – Ст. 3451.

19. Нейросети против людей: Кто является собственником цифровых произведений? // ГАРАНТ.РУ. – 19.03.2025. – URL: https://www.garant.ru/article/1799577/ (дата обращения: 10.04.2026).

20. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) от 18 декабря 2006 г. № 230-ФЗ (ред. от 23.07.2025, с изм. и доп., вступ. в силу с 04.01.2026) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 52 (ч. 1). – Ст. 5496.

21. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2025) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2002. – № 1 (ч. 1). – Ст. 3.

22. Искусственный интеллект для работы и жизни: что изменит новый закон в РФ // РИА Новости Крым. – 07.04.2026. – URL: https://crimea.ria.ru/20260407/ (дата обращения: 08.04.2026).

23. Автоматизация и роботизация производств в России: рынок, технологии и перспективы до 2030 года // Adeptik. – 04.2026. – URL: https://adeptik.com/blog/avtomatizatsiya-i-robotizatsiya-proizvodstv-v-rossii/ (дата обращения: 09.04.2026).

24. Авторские права на контент ИИ в 2025: риски, практика, регулирование // Невский консалтинг. – 2025. – URL: https://nevskylaw.ru (дата обращения: 07.04.2026).

25. Богданов Д. Е., Богданова С. Г. Определение модели ответственности за вред, причиненный использованием технологий искусственного интеллекта в российском и зарубежном праве // КиберЛенинка. – 2023.

Кауфман К.А.
студент,
ks.kaufman13@gmail.com
Научный руководитель: ***Миронов С.Н.***
к.ф.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ДИСКУРСИВНЫЕ ПРАКТИКИ СОВРЕМЕННЫХ МЕДИА В ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ ДИВЕРСИФИКАЦИИ КОММУНИКАЦИОННЫХ КАНАЛОВ

Аннотация. В статье анализируется влияние диверсификации каналов коммуникации на устойчивость предприятий полиграфической отрасли в условиях цифровой трансформации и снижения спроса на печатную продукцию. На основе статистических данных и анализа кейса показано, что переход к мультиканальной модели взаимодействия обеспечивает рост обращений, повышение конверсии и снижение зависимости от отдельных каналов.

Ключевые слова: диверсификация каналов; каналы коммуникации; полиграфия; мультиканальный маркетинг; цифровой маркетинг; B2B; эффективность продвижения.

Цифровая трансформация экономики радикально изменила характер коммуникации предприятий с клиентами, что особенно заметно в полиграфической отрасли. Снижение спроса на традиционные печатные услуги в последние годы носит устойчивый характер и подтверждается официальной статистикой. По данным Росстата, индекс производства по виду деятельности «полиграфическая деятельность и копирование носителей информации» в 2025 году снизился примерно на 13 %. Одновременно фиксируется сокращение производства бумаги и бумажной продукции: по итогам 2025 года снижение составило около 3–4 % в зависимости от сегмента. В этих условиях диверсификация каналов коммуникации становится ключевым фактором повышения результативности продвижения и устойчивости бизнеса.

Диверсификация каналов коммуникации рассматривается как стратегическое распределение ресурсов предприятия между несколькими каналами продвижения, позволяющее снизить зависимость от одного источника трафика и обеспечить стабильный поток клиентов. В отличие от моноканального подхода, мультиканальная система формирует устойчивую коммуникационную среду, где снижение эффективности одного канала компенсируется за счёт других.

На этом фоне происходит изменение структуры спроса: коммуникации бизнеса с клиентами всё чаще смещаются в цифровую среду. По данным HubSpot, более 70 % B2B-клиентов используют несколько каналов взаимодействия до момента принятия решения, а доля пользователей, предпочитающих диалоговые форматы (мессенджеры, чаты), ежегодно увеличивается. Аналогичные выводы представлены в аналитике McKinsey: многоканальное взаимодействие повышает вероятность покупки более чем на 20 % по сравнению с использованием одного канала.

В результате формируется новая логика клиентского поведения: вместо последовательного пути (поиск → сайт → заявка) возникает нелинейная модель, в которой пользователь может взаимодействовать с компанией через разные каналы и в разной последовательности.

При этом значительная часть полиграфических предприятий продолжает использовать моноканальную модель, ориентированную на сайт как основную точку входа. Такое несоответствие приводит к снижению эффективности коммуникации и потере части аудитории.

В этих условиях диверсификация каналов коммуникации становится не просто инструментом маркетинга, а способом адаптации предприятия к изменяющейся среде. Использование нескольких каналов позволяет перераспределять поток обращений и снижать зависимость от одного источника. В таких условиях использование нескольких каналов позволяет не только привлекать клиентов, но и сопровождать их на всех этапах принятия решения, повышая общую эффективность коммуникации.

Практическое содержание данного подхода наиболее полно раскрывается на примере типографии MDMprint. Компания работает в сегменте B2B-полиграфии, где процесс приня-

тия решения клиентом является сложным и многоэтапным. Использование классических форм заявок оказалось недостаточно эффективным: пользователю требуется уточнение параметров заказа, согласование тиража, материалов и сроков.

Коммуникационная модель была перестроена на основе интеграции нескольких каналов: социальные сети, сообщения, чат-бот и персональная коммуникация с менеджером. Трафик направлялся непосредственно в диалог, где пользователь мог сразу уточнить параметры заказа.

В коммуникационной системе компании были задействованы несколько каналов, формирующих единую воронку:

– ВКонтакте – визуальный контент и таргетированная реклама;
– сообщения и чат-бот – первичная обработка запроса;
– менеджер – финальная консультация и закрытие сделки.

Анализ коммуникационной модели типографии MDMprint позволяет количественно оценить влияние перехода к мультиканальной системе. До изменений основным каналом взаимодействия являлся сайт с формой заявки. После трансформации была внедрена система, включающая социальные сети, мессенджеры, чат-бот и персональное взаимодействие с менеджером.

Изменение структуры коммуникации сопровождалось следующими результатами (таблица 1).

Таблица 1

Изменение коммуникационной модели

Показатель	До	После	Изменение
Количество обращений	100 %	190 %	+90 %
Конверсия в заявку	12 %	21 %	+9 %
Среднее время ответа	4-6 часов	5-15 минут	Снижение в 16-24 раз
Доля диалоговых обращений	15 %	70 %	Рост более чем в 4 раза (+55 %)

Рост обращений почти в два раза нельзя объяснить только увеличением трафика. Основным фактором стало изменение формата взаимодействия. Возможность быстро задать вопрос и получить ответ снижает когнитивную нагрузку на клиента и упрощает вход в коммуникацию.

Дополнительный эффект связан с изменением структуры клиентского пути. В традиционной модели пользователь должен пройти все этапы последовательно. В новой системе он может начать взаимодействие с любого этапа, что увеличивает вероятность контакта (таблица 2).

Таблица 2

Изменение структуры коммуникации

Параметр	Традиционная модель	Мультиканальная модель
Логика взаимодействия	Последовательная	Нелинейная
Количество точек входа	1	3-5
Возможность диалога	Ограничена	Высокая
Адаптация под клиента	Низкая	Высокая

Анализ показывает, что мультиканальная модель работает за счёт распределения функций между каналами. Каждый канал выполняет конкретную задачу, формируя единую систему взаимодействия (таблица 3).

Таблица 3

Распределение функций каналов

Канал	Функция	Вклад в результат
Социальные сети	Привлечение внимания	Увеличение охвата
Контекстная реклама	Захват спроса	Быстрые лиды
Мессенджеры	Коммуникация	Рост конверсии
Менеджер	Консультация	Завершение сделки
Чат-бот	Обработка запросов	Снижение времени ответа

Важно, что эффективность достигается не за счёт увеличения количества каналов как таковых, а за счёт их интеграции. Разрозненное использование каналов не даёт сопоставимого эффекта.

С точки зрения управления, диверсификация каналов выполняет функцию распределения рисков. В моноканальной модели снижение эффективности одного канала (например, падение поискового трафика) приводит к снижению общего количества обращений. В мультиканальной системе этот эффект сглаживается (таблица 4).

Таблица 4

Сравнение устойчивости моделей

Показатель	Моноканальная	Мультиканальная
Зависимость от канала	Высокая	Низкая
Устойчивость	Низкая	Высокая
Гибкость	Ограниченная	Высокая
Реакция на изменения	Медленная	Быстрая

Дополнительный анализ практик других предприятий подтверждает выявленные закономерности. Использование комбинаций «сайт + реклама + email», «социальные сети + мессенджеры» или «онлайн + офлайн» показывает, что устойчивость системы возрастает по мере увеличения числа интегрированных каналов.

Например, в практике малых полиграфических предприятий активно используется связка «сайт + контекстная реклама + email-маркетинг». В таких моделях контекстная реклама привлекает «горячий» спрос, сайт выполняет функцию презентации, а email используется для повторных продаж. В результате фиксируется снижение стоимости лида и рост повторных заказов.

Отдельный интерес представляет практика внедрения web-to-print решений, где клиент получает возможность оформлять заказ онлайн. В сочетании с SMM это формирует гибридную модель: социальные сети привлекают внимание, а онлайн-платформа обеспечивает удобство заказа. В таких случаях наблюдается рост retention rate за счёт упрощения повторных обращений.

Однако внедрение мультиканальной модели связано с рядом ограничений. Основные проблемы связаны не с каналами как таковыми, а с управлением ими. Анализ практик показывает три ключевых риска (таблица 5):

1. Распыление ресурсов;
2. Несогласованность;
3. Недостаток компетенций.

Таблица 5

Ограничения и управленческие решения

Проблема	Проявление	Решение
Распыление ресурсов	Недостаток контента	Фокус на ключевых каналах
Несогласованность	Разные сообщения	Единая стратегия
Недостаток компетенций	Ошибки настройки	Обучение специалистов

Таким образом, снижение показателей полиграфической отрасли формирует необходимость пересмотра коммуникационных моделей. Изменение поведения клиентов делает традиционные подходы менее эффективными. Наиболее устойчивые результаты достигаются при поэтапном внедрении каналов и их координации.

Переход к мультиканальной системе позволяет компенсировать отраслевое снижение спроса за счёт:

– увеличения числа точек контакта;
– снижения барьеров входа;
– повышения скорости взаимодействия;
– адаптации под различные сценарии поведения клиента.

Диверсификация каналов коммуникации в данном контексте выступает инструментом управления устойчивостью предприятия. Она обеспечивает не только рост отдельных показателей, но и формирует более стабильную и адаптивную систему взаимодействия с рынком.

Список литературы

1. Котлер Ф., Келлер К. Маркетинг менеджмент. СПб.: Питер, 2016. 800 с.
2. Пинктон Д., Бродерик А. Интегрированные маркетинговые коммуникации. М.: Юнити-Дана, 2012. 512 с.
3. Росстат. Индексы производства по видам экономической деятельности. URL: https://rosstat.gov.ru (дата обращения: 11.04.2026).
4. HubSpot. State of Marketing Report. URL: https://www.hubspot.com/state-of-marketing (дата обращения: 10.04.2026).
5. McKinsey & Company. Growth, Marketing & Sales Insights. URL: https://www. mckinsey.com/ capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights (дата обращения: 12.04.2026).
6. Rating Runeta. Кейс типографии MDMprint. URL: https://ratingruneta.ru/cases/case-13381/ (дата обращения: 11.04.2026).
7. Харсов А.Х. Стратегия интернет-продвижения фирмы полиграфических услуг // elib.utmn.ru. – 2019. – URL: https://elib.utmn.ru/jspui/bitstream/ru-tsu/5032/1/ KharsovAKh_ 2019.pdf (дата обращения: 10.04.2026).
8. Особенности продвижения полиграфических услуг в современных условиях // elibrary.sgu.ru. – 2019. – URL: http://elibrary.sgu.ru/VKR/2019/42-03-01_008.pdf (дата обращения: 11.04.2026).
9. Хендерсон Л. Маркетинг в полиграфии: практические рекомендации. – URL: https://search.rsl.ru/ru/record/01006543210 (дата обращения: 12.04.2026)

Зиатдинова И.И.
студент,
zimerald1152117@gmail.com
Научный руководитель: ***Каримова С.А.***
к.э.н., доцент,
Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»,
Россия, Альметьевск

ИНСТРУМЕНТЫ НЕМАТЕРИАЛЬНОЙ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА В РАМКАХ КОРПОРАТИВНОЙ ESG-СТРАТЕГИИ

Аннотация. Статья посвящена анализу нематериальных инструментов мотивации персонала, применяемых в рамках корпоративных ESG-стратегий. Особое внимание уделяется геймификации как механизму формирования проэкологического поведения сотрудников. На основе зарубежных эмпирических исследований показано, что геймификационные методы достоверно повышают вовлечённость персонала в программы ресурсосбережения. Рассмотрены конкретные игровые механики и условия их результативного применения.

Ключевые слова: геймификация, ESG-стратегия, нематериальная мотивация, ресурсосбережение, устойчивое развитие, вовлечённость персонала.

Трансформация корпоративного управления в направлении устойчивого развития в последние годы существенно усилила внимание к роли человеческого фактора при реализации ESG-повестки. Практика показывает, что даже при наличии развитых систем автоматизации и мониторинга достижение запланированных экологических показателей не гарантировано. Во многом итог зависит от повседневных действий сотрудников. В совокупности именно они формируют значительную часть углеродного следа организаций, особенно крупных.

В этой связи перед специалистами по управлению персоналом возникает непростая задача: стимулировать экологически ответственное поведение, не прибегая к прямому административному давлению. Нематериальная мотивация в данном контексте рассматривается как один из наиболее гибких инструментов воздействия. Внутри неё особое место занимает геймификация – подход, предполагающий использование игровых элементов в неигровых процессах с целью изменения поведения и повышения вовлечённости сотрудников [1].

Если рассматривать данный инструмент через призму ESG-подхода, важно учитывать исходную концепцию «тройной линии результатов», предложенную Дж. Элкингтоном. Она предполагает, что компании должны учитывать не только финансовые, но и экологические, а также социальные показатели своей деятельности [2]. В этом смысле поведение сотрудников становится не просто операционным фактором, а частью стратегической повестки. Как отмечает М. Армстронг, устойчивое экологически ответственное поведение формируется, как правило, не за счёт внешнего контроля, а через внутренние механизмы – ценности, чувство принадлежности, социальное одобрение [3].

С позиций теории самодетерминации Э. Деси и Р. Райана можно уточнить: речь идёт о формировании внутренней, а не навязанной мотивации. Сотрудник начинает воспринимать экологические действия как значимые сам по себе, а не как требование извне [4]. В этом контексте геймификация выглядит, скорее, как промежуточный инструмент. С одной стороны, она опирается на внешние стимулы – баллы, рейтинги, достижения. С другой – при грамотном проектировании способна поддерживать внутреннюю мотивацию, а не подменять её.

Под геймификацией обычно понимается внедрение таких элементов, как системы баллов, уровней, значков, рейтингов, а также механизмов оперативной обратной связи в неигровые контексты [1]. Теоретически данный подход опирается на несколько оснований. Во-первых, это модель поведенческого дизайна Б. Фогга, в которой поведение рассматривается как результат взаимодействия мотивации, триггеров и способности к действию [5]. Во-вторых, концепция «подталкивания» Р. Талера и К. Санстейна, показывающая, что корректировка архитектуры выбора может существенно влиять на поведение без прямого принуждения [6].

Р. Лэндерс дополняет эту логику, указывая, что игровые элементы воздействуют не напрямую, а через изменение установок и ценностей участников [7]. Это уточнение важно, поскольку позволяет рассматривать геймификацию не только как инструмент вовлечения, но и как механизм формирования проэкологических установок.

Эмпирические исследования дают неоднозначную, но в целом позитивную картину. Так, в обзоре Дж. Хамари, Ю. Ковисто и Х. Сарсы, включающем 24 исследования, в 10 случаях был зафиксирован значимый положительный эффект, в 9 – частичный, и в 5 – отсутствие статистически значимых изменений [8]. Иными словами, сама по себе геймификация не гарантирует результата. Её эффективность заметно зависит от контекста и качества реализации.

При этом в задачах, связанных с ресурсосбережением, результаты выглядят более устойчивыми. В частности, системы, позволяющие визуализировать потребление ресурсов и сравнивать показатели между подразделениями, демонстрируют снижение потребления электроэнергии примерно на 5–15 %. Конкретное значение варьируется – в зависимости от исходного уровня и того, как именно организована обратная связь. Соревновательные элементы усиливают эффект за счёт социального сравнения. А символические награды (значки, статусы) выполняют функцию нефинансового признания, которое сотрудники нередко начинают воспринимать как часть своей профессиональной идентичности.

На практике используемые игровые механики, несмотря на внешнее разнообразие, во многом повторяются. Различия касаются скорее формы, чем принципа воздействия. В самом общем виде можно выделить несколько типичных групп: инструменты количественной фиксации действий (баллы), механики социального сравнения (рейтинги), элементы символического признания (значки), средства визуализации прогресса, а также командные и нарративные форматы. Их комбинирование позволяет воздействовать одновременно на разные типы мотивации – индивидуальную, социальную и ценностную.

Практическая применимость геймификации подтверждается конкретными кейсами. Один из наиболее известных – программа Opower (впоследствии Oracle Utilities), в рамках

которой пользователям предоставлялись отчёты о потреблении электроэнергии с элементами социального сравнения. Даже относительно простые визуальные маркеры (например, оценочные пиктограммы) позволили добиться снижения потребления в среднем на 1,5–2 % [6]. В масштабах миллионов пользователей это даёт значительный совокупный эффект.

В корпоративной среде аналогичные подходы реализуются, например, в SAP. Внутренние платформы компании предусматривают начисление баллов за экологически ответственное поведение сотрудников – от использования общественного транспорта до участия в экологических инициативах. Накопленные баллы могут конвертироваться в конкретные действия, такие как посадка деревьев. Важен не столько сам механизм, сколько его прозрачность: сотрудник видит результат своих действий, пусть и опосредованный [5].

Дополнительную рамку задают Цели устойчивого развития ООН. В частности, цель № 12 («Ответственное потребление и производство») формирует более широкий контекст, в который могут быть встроены корпоративные инициативы [9]. Это, как показывает практика, усиливает восприятие смысла: сотрудники начинают видеть свои действия не только как часть внутренней политики компании, но и как вклад в более широкую повестку.

Вместе с тем геймификация не лишена ограничений. Один из наиболее часто упоминаемых эффектов – снижение вовлечённости со временем. Эффект новизны, как правило, начинает ослабевать через 3–6 месяцев, если механики не обновляются [8]. Это требует постоянной доработки системы, что увеличивает затраты на её поддержание.

Кроме того, разные группы сотрудников по-разному реагируют на игровые элементы. Соревновательные механики лучше работают для тех, кто ориентирован на достижения, тогда как кооперативные форматы – для сотрудников с выраженной просоциальной мотивацией. Универсальные решения в данном случае редко оказываются оптимальными.

Наконец, критически важен смысловой контекст. При его отсутствии геймификация может сводиться к формальному «накоплению баллов». В рамках теории самодетерминации это описывается как эффект сверхоправдания: внешние стимулы начинают вытеснять внутреннюю мотивацию [4]. Поэтому игровые элементы должны дополнять ценностную коммуникацию, а не заменять её.

В целом можно сделать вывод, что геймификация действительно способна выступать эффективным инструментом нематериальной мотивации в рамках ESG-стратегии. Однако её результативность определяется не столько наличием игровых элементов, сколько качеством их интеграции в организационный контекст. Без этого устойчивый эффект маловероятен.

Перспективным направлением дальнейших исследований представляется анализ долгосрочных эффектов подобных программ, в том числе на основе продольных данных российских компаний. Это позволит более точно оценить устойчивость выявленных эффектов и адаптировать зарубежные подходы к специфике локальной практики.

Список литературы

1. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами. 10-е изд. СПб.: Питер, 2009. 848 с.

2. Цели устойчивого развития ООН // Официальный сайт ООН. 2024. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/ (дата обращения: 10.04.2024).

3. Deci E.L., Ryan R.M. Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. New York: Plenum Press, 1985. 371 p.

4. Deterding S., Dixon D., Khaled R., Nacke L. From game design elements to gamefulness: defining «gamification» // Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference. Tampere, 2011. P. 9–15.

5. Elkington J. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. Oxford: Capstone Publishing, 1997. 402 p.

6. Fogg B.J. Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2003. 312 p.

7. Hamari J., Koivisto J., Sarsa H. Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification // Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE, 2014. P. 3025–3034.
8. Landers R.N. Developing a theory of gamified learning: linking serious games and gamification of learning // Simulation & Gaming. 2014. Vol. 45. No. 6. P. 752–768.
9. Thaler R.H., Sunstein C.R. Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness. New Haven: Yale University Press, 2008. 293 p.

Холодилин В.А.
студент,
Научный руководитель: ***Крахина В.А.***
к.э.н., доцент,
ДОННАСА – ФИЛИАЛ НИУ МГСУ,
Россия, Макеевка

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ КОММЕРЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ

Аннотация. В данной статье раскрывается сущность экспертизы объектов коммерческой недвижимости, раскрывается значение ее видов, выделены составляющие проведения коммерческой экспертизы. Выполнен анализ ключевых подходов оценки недвижимости с указанием приоритетности, доходности, роли каждого из них. Установлены основные этапы и методы, применяемые в ходе проведения экспертизы коммерческой недвижимости.

Ключевые слова: экспертиза недвижимости; коммерческая недвижимость; методы оценки; рыночная стоимость; правовая экспертиза.

Постановка проблемы. В условиях динамического развития рыночной экономики актуальность приобретают вопросы достоверной оценки объектов коммерческой недвижимости. Коммерческая недвижимость как источник стабильного дохода и объект инвестиционной активности требует проведения комплексной экспертизы, включающей в себя не только оценку физического состояния объекта, но и анализ правового статуса, доходности и рыночных перспектив. П.Г. Грабовый в своей работе отмечает, «экспертиза инвестиционных проектов в строительстве позволяет выявить скрытые риски и обосновать целесообразность вложения средств» [1].

Методики оценки зачастую не учитывают специфику коммерческих объектов, а именно их способность генерировать арендный доход, зависимость от местоположения и транспортной доступности, а также влияние рыночной конъюнктуры. Как замечает Е.Н. Сендяшкина, «вопросы оценки эффектов при реализации инвестиционных проектов требуют системного подхода и унификации методов» [8]. В связи с этим возникает необходимость в систематизации теоретических знаний и разработке практических рекомендаций по проведению экспертизы коммерческой недвижимости.

Цель исследования. Ряд проблем, связанных с систематизацией теоретических подходов и согласованием методов проведения экспертизы объектов коммерческой недвижимости, не нашли достаточного отражения в современной экономической и правовой литературе. Таким образом, обоснование и структурирование теоретических аспектов проведения экспертизы коммерческой недвижимости выступает целью данной работы.

Основной материал исследований. Экспертиза коммерческой недвижимости – совокупность процедур, направленных на установление соответствия объекта установленным нормам, требованиям, а также на определение его реальной стоимости. А.Н. Асаул в своей работе подчеркивал: «Недвижимость как товар особого рода требует комплексного подхода к ее исследованию, включающего правовой, технический и экономический аспекты» [2].

В научной литературе выделяют несколько видов экспертизы недвижимости в зависимости от целей её проведения:

- банковская, необходимая для оценки залоговой стоимости;
- инвестиционная, для обоснования целесообразности вложений;
- судебная, назначаемая в рамках гражданского или арбитражного процесса;
- досудебная, по заказу одной из сторон спора;
- страховая, для определения страховой стоимости

Каждый вид экспертизы имеет свою специфику, однако все они базируются на единых теоретических принципах.

Коммерческая недвижимость как объект экспертизы обладает рядом отличительных особенностей, а именно, способность приносить регулярный доход определяет их рыночную стоимость. Кроме того, коммерческая недвижимость более подвержена влиянию рыночных колебаний, изменению транспортных потоков и градостроительной политики.

Проведение экспертизы коммерческой недвижимости в Российской Федерации опирается на ряд законодательных актов. Базовым документом выступает Федеральный закон «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» № 135-ФЗ, который определяет правовые основы регулирования оценочной деятельности, требования к экспертам и порядок проведения оценки. Кроме того, применяются Федеральные стандарты оценки (ФСО), в том числе ФСО № 1 «Общие понятия оценки, подходы и требования к проведению оценки», ФСО № 2 «Цель оценки и виды стоимости», ФСО № 3 «Требования к отчету об оценке», а также специализированные стандарты для отдельных видов объектов.

А.М. Светлорусова и С.А. Горбачев в своей статье утверждали: «Ключевым требованием к современной оценке является применение единых стандартов и методик для обеспечения достоверности и сопоставимости результатов в различных регионах» [3]. Тем не менее, как показывает практика, единообразие подходов не всегда достигается, что связано с различиями в региональных рынках недвижимости, так и с недостаточной квалификацией отдельных специалистов.

Важным аспектом является соблюдение требований Федерального закона № 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» в тех случаях, когда экспертиза назначается в рамках судебного разбирательства. Специалисты Федерации Судебных Экспертов подчеркивают: «Оформление экспертиз должно производиться в строгом соответствии с ФЗ № 73, а каждое заключение подлежит защите в судебных заседаниях» [5].

Путём исследований были выявлены три основных блока экспертизы коммерческой недвижимости:

1. Правовая экспертиза, направленная на проверку правоустанавливающих документов, обременений, сервитутов и градостроительных регламентов. Как пишет В. Мягков в своей статье, «особые предположения и гипотетические условия требуют четкой фиксации в отчете, чтобы не вводить пользователей в заблуждение относительно реального состояния объекта» [4]. Данное замечание особенно актуально для коммерческой недвижимости, где часто встречаются объекты с неурегулированными правовыми вопросами.

Правовая экспертиза включает анализ арендных договоров, если объект сдаётся в аренду. Условия аренды напрямую влияют на стоимость объекта. Эксперт должен проверить, не занижены ли арендные ставки по сравнению с рыночными, что может свидетельствовать о наличии скрытых преференций или о недобросовестности контрагента.

2. Техническая экспертиза, представляющая собой комплекс мероприятий по визуальному и инструментальному обследованию конструктивных элементов здания. Специалисты в области судебной экспертизы отмечают: «При оценке коммерческой недвижимости технический аудит позволяет определить реальную величину накопленного износа, что напрямую влияет на итоговую рыночную стоимость объекта» [5].

Принято различать физический и функциональный износ. Под физическим износом понимается естественное старение материалов и конструкций под воздействием эксплуатационных нагрузок и окружающей среды. Функциональный износ обусловлен появлением новых технологий, строительных материалов и архитектурных решений, которые делают старый объект менее привлекательным для арендаторов. Техническая экспертиза включает проверку

объекта на соответствия требованиям энергоэффективности, пожарной безопасности, санитарным нормам. Нарушения в этих сферах приводит к дополнительным затратам на реконструкцию или модернизацию, что снижает инвестиционную привлекательность объекта.

3. Экономическая экспертиза – финальный и наиболее важный этап для коммерческой недвижимости. Существует три классических подхода:

- Затратный – используется ограниченно для уникальных объектов или целей страхования. Стоимость определяется суммой затрат на создание аналогичного объекта за вычетом накопленного износа плюс стоимость земли. П.Г. Грабовый в своем учебнике писал: «Затратный подход незаменим при оценке объектов, для которых отсутствует рынок, однако он не учитывает инвестиционную привлекательность объекта» [1].

- Сравнительный – принцип замещения заложен в основе подхода, применяющийся только при наличии развитого рынка аналогов. А.Н. Асаул подчеркивал: «Сравнительный подход дает наиболее объективные результаты только при наличии достаточного количества сопоставимых объектов-аналогов» [2].

- Доходный – является приоритетным. Рассчитывается как стоимость будущих доходов от аренды. Используются методы капитализации и дисконтирования денежных потоков. Как отмечает А.В. Артеменко, «применение доходного подхода требует тщательного анализа рыночных ставок аренды и коэффициентов капитализации» [7].

Границы применимости каждого из трёх подходов к оценке коммерческой недвижимости определяются спецификой объекта и задачами экспертизы. Как подтверждает практика, максимальная точность расчётов обеспечивается комбинированием нескольких подходов с последующим взвешиванием результатов. Вместе с тем, из таблицы следует, что для судебной и инвестиционной экспертизы ключевым источником информации выступает доходный подход, в то время как затратный подход уступает ему по значимости. Как указывает М. Башаров, «оценка коммерческой недвижимости для целей кредитования или страхования имеет свою специфику, связанную с требованиями конкретных финансовых институтов» [6].

Таблица

Сравнительная характеристика подходов к оценке с позиции экспертизы коммерческой недвижимости

Критерий сравнения	Затратный подход	Сравнительный подход	Доходный подход
Приоритетность для коммерческой недвижимости	Низкая, необходима для специальных целей	Средняя, при активном рынке	Высокая, основной
Учёт доходности	Не учитывает	Косвенно, через цену аналога	Прямой, главный фактор
Основной источник данных	Сметные нормативы, цены на стройматериалы	Рынок продаж	Рынок аренды, ставка капитализации
Роль в экспертизе	Оценка затрат на воссоздание	Подтверждение рыночной цены	Обоснование инвестиционной ценности

Вывод. Использование рассмотренных теоретических подходов позволяет систематизировать процесс проведения экспертизы коммерческой недвижимости в правовом, техническом и экономическом аспектах, а также представить результат в виде комплексного заключения для объективной оценки итоговых показателей стоимости, инвестиционной привлекательности и возможных рисков. Залогом успешного проведения экспертизы коммерческой недвижимости выступает интегральный подход к её организации, а именно составление поэтапного плана исследования с учётом правового статуса, технического состояния и рыночного окружения объекта. Для этого необходимо теоретическое обоснование этапов экспертизы, организационно-методическое обеспечение оценочных процедур и мероприятий по анализу основных ценообразующих параметров объектов коммерческой недвижимости. Такой подход даёт возможность учесть большое число факторов и интересов собственников, арендаторов и потенциальных инвесторов.

Список литературы

1. Грабовый, П.Г. Экспертиза и инспектирование инвестиционного процесса: Учебн. для вузов, ч. 2 / П.Г. Грабовый, А.И. Солунский. – М.: Изд-во «АСВ», 2006. – 120 с.
2. Асаул, А.Н. Экономика недвижимости: учебник / А.Н. Асаул. – СПб.: Гуманистика, 2003. – 406 с.
3. Светлорусова, А.М. Методологическая оценка недвижимости / А.М. Светлорусова, С.А. Горбачев // Научный журнал. – М.: МГСУ, 2014. – С. 26-28.
4. Мягков, В. Особые предположения и гипотетические условия. Оценка несуществующих объектов [Электронный ресурс] // https://cre.ru/rus/analytics/5/55/12349/
5. Башаров, М. Оценка коммерческой недвижимости: цели, виды и зачем нужно на практике [Электронный ресурс] // РБК Компании. https://companies.rbc.ru/news/hJkuD30Syk/otsenka-kommercheskoj-nedvizhimosti-tseli-vidyi-i-zachem-nuzhno-na-praktike/
6. Артеменко, А.В. Анализ методик измерения социального эффекта и особенности обоснования строительства и реконструкции объектов социального назначения // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. – № 1 (35). – 2019.
7. Синдяшкина, Е.Н. Вопросы оценки видов социального эффекта при реализации инвестиционных проектов [Электронный ресурс] // Экономический портал. https://institutiones.com/investments/1718-investicionnye-proekty.html
8. Хохлов, В.А. Оценка коммерческой недвижимости в составе бизнеса / В.А. Хохлов, Е.Н. Бобарыкина // Научный электронный журнал «Инновационная экономика». – Симферополь: КФУ, 2021. – С. 43-48.

Мариечева Д.В.
студент,
Научный руководитель: ***Горлова О.Е.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

РОЛЬ ЦИФРОВОЙ КОММУНИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ БРЕНДА В ФОРМИРОВАНИИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ВОСПРИЯТИЯ

Аннотация. В данной исследовательской работе рассматривается влияние цифровой коммуникационной активности бренда на его восприятие потребителями. Целью исследования является выявление важности роли цифровой коммуникационной активности бренда в социальных медиа в формировании потребительского восприятия. Выбранными методами является анализ и синтез. Анализируются ключевые уровни коммуникации, зоны репутационных рисков, возникающих при рассогласовании действий бренда и ожиданий аудитории, а также стратегии, позволяющие выстраивать устойчивый диалог. Основные результаты – выводы о том, что в цифровой среде каждое действие компании становится значимым элементом её образа, а управление восприятием требует последовательности и прозрачности. Практическая значимость в том, что анализ реальных примеров дает понимание, как строить эффективные антикризисные коммуникации.

Ключевые слова: цифровые коммуникации; идентичность бренда; имидж; потребительское восприятие; репутационные риски; сторителлинг; социальные медиа.

Введение

Актуальность исследования продиктована фундаментальной трансформацией коммуникационного ландшафта, произошедшей в последние годы. Цифровая среда не просто добавила новые каналы взаимодействия, но и кардинально изменила саму природу связи между брендом и потребителем. Как отмечает Д. П. Гавра: «Коммуникационная стратегия в совре-

менных условиях перестаёт быть монологом компании и превращается в сложный, многоуровневый процесс, где аудитория выступает полноправным соавтором» [1]. Сегодня потребитель имеет возможность наблюдать за компанией в режиме реального времени, мгновенно интерпретировать её действия и на этой основе выстраивать своё отношение. В этой среде любое действие – от официального пресс-релиза до неосторожного комментария администратора сообщества – становится значимым элементом корпоративного образа.

Степень разработанности проблемы в отечественной науке находится на стадии активного осмысления. Классические работы такие, как труды Г. Минцберга о структуре организации [2], заложили основы понимания внутренних процессов, влияющих на внешние коммуникации. Современные исследователи, в частности К. Д. Весёлкина, акцентируют внимание на вызовах цифровой трансформации, подчёркивая, что успешность бренда сегодня напрямую зависит от способности выстраивать диалог в условиях повышенной прозрачности и ускоренной обратной связи [3]. Однако эмпирических работ, анализирующих конкретные российские кейсы, по-прежнему недостаточно.

Объектом данного исследования является цифровая коммуникационная активность российских брендов. Предметом – влияние этой активности на формирование потребительского восприятия, рассматриваемое через призму рассогласований на вербальном, визуальном, поведенческом и ценностном уровнях.

Цель работы – выявить ключевые факторы, определяющие успешность или провал цифровых коммуникаций бренда, и на основе анализа эмпирических кейсов предложить модель устойчивого диалога с аудиторией. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить, какую роль занимает цифровая коммуникационная активность брендов в социальных сетях на данный момент. Выявление данного факта необходимо, так как в случае малого влияния такого взаимодействия на целевую аудиторию – невозможно говорить о какой-либо значимости цифровой коммуникационной активности.
2. Теоретически обосновать структуру цифровой коммуникационной активности бренда, выделив её ключевые уровни.
3. На примере негативных кейсов проанализировать зоны рассогласования, приводящие к репутационным кризисам.
4. На примере позитивного кейса выявить эффективные механизмы деэскалации и восстановления доверия.
5. Сформулировать практические рекомендации по управлению и выстраиванию грамотной стратегии для бренда в цифровой среде.

Научная новизна работы заключается в применении комплексного уровневого подхода к анализу репутационных кризисов, а также в систематизации эмпирических данных о резонансных событиях в российском интернет-пространстве 2025 года.

Гипотеза исследования состоит в том, что репутационные риски возникают не столько из-за самого факта ошибки, сколько из-за рассогласования между заявленными ценностями бренда и его реальными действиями (или бездействием) на разных уровнях коммуникации, причём скорость и характер реакции компании играют ключевую роль в формировании итогового восприятия.

1. Теоретический обзор: уровни коммуникации как основа восприятия

Перед тем как непосредственно перейти к анализу цифровой коммуникационной активности брендов в социальных сетях, реальных кейсах, необходимо понять, какую роль интернет-пространство занимает в жизни потенциального потребителя в России.

Итак, согласно краткому статистическому сборнику «Цифровая экономика: 2026», опубликованному Институтом статистических исследований и экономики знаний ВШЭ [4], параграфу 2.4. «Использование интернета населением» (1) в 2024 году в России 84,6 % населения от 15 до 72 лет пользуются интернетом каждый день, в тоже время когда-либо интернетом пользовались 92,5 % респондентов (рис. 1). Если сравнить показатели за прошедшие 3 года, то можно отметить, что каждый год происходит увеличение пользователей как пользующихся интернетом каждый день, так и тех, кто пользовался им хотя бы когда-то.

Рис. 1. Использование интернета населением

Особый интерес для данного исследования также представляет статистика использования интернетом населения для коммуникации по странам, представленная в параграфе 2.8. (2) Последние зафиксированные данные относятся к 2024 году, однако и они говорят о том, что в России намного чаще для коммуникации используют интернет, чем в других странах. Она находится на первом месте – 78 % от общей численности населения в возрасте от 16 до 74 лет пользуются звонками и видеоразговорами, 73 % – обращаются к общению в социальных сетях. В то же время как в Великобритании, занимающей второе место, звонки и видеоразговоры используют 53 % от общей численности населения в возрасте от 16 до 74 лет и 76 % общаются в социальных сетях (рис. 2).

2.8. Использование интернета населением для коммуникации по странам: 2024*

*(в процентах от общей численности населения в возрасте 16–74 лет**)*

	Звонки и видеоразговоры (используя, например, Telegram)	Общение в социальных сетях
Россия	**78**	**73**
Великобритания	52	76
Германия	76	58
Италия	74	56
Канада	68	78
Республика Корея	55	66
США	59	68
Турция	82	76
Финляндия	78	79
Франция	67	44
Чехия	71	70
Швеция	77	73
Эстония	63	68
Япония	...	83

Рис. 2. Использование интернета населением для коммуникации по странам: 2024

Таким образом, на основе этих исследований можно сделать вывод о том, что выстраивание четкой и продуманной коммуникационной стратегии в социальных медиа важно, так как доля тех, кто посещает интернет-страницы каждый день увеличивается наравне с теми, кто пользуется социальными сетями. А это значит, что потребителю будет проще найти и в целом следить за брендом именно в Интернете.

Здесь стоит вспомнить высказывание М. Маклюэна из его книги «Понимание медиа»: «Сегодня действие и ответное действие происходят почти одновременно» [5]. Издание впервые было выпущено в 1964 году, но тезисы и идеи остаются актуальными и сейчас. Благодаря появлению сначала света, а потом и впоследствии интернета коммуникация стала мгновенной. Этот аспект стоит учитывать при любой цифровой активности бренда в интернете.

Утвердившись в том, что доля использования интернета и в следствие социальных сетей в России растет с каждым годом, а коммуникация носит мгновенный характер, более не встречаясь с такими проблемами, как время и расстояние, стоит перейти к основным понятиям, которые будут рассмотрены в данной исследовательской работе.

Итак, под цифровой коммуникационной активностью следует понимать совокупность действий компании в цифровых каналах (социальные сети, сайты, мессенджеры), включая публикуемый контент, тон общения, скорость реакции и поведение сотрудников, которая формирует восприятие бренда аудиторией в режиме реального времени.

В то же время коммуникационная стратегия, если обратиться к работе Гавра Д.П. «Понятие и характеристики коммуникационной стратегии» [1] – это опирающаяся на общую стратегию социального субъекта долгосрочная сбалансированная по ресурсам программа достижения его (субъекта) стратегических целей через информационно-коммуникационные взаимодействия с внешней и внутренней средой.

Теперь обратимся к понятию репутационных рисков. Для понимания их природы необходимо проанализировать структуру коммуникационной активности бренда. В рамках данного исследования мы выделяем четыре ключевых уровня, каждый из которых вносит вклад в формирование целостного образа:

1. Вербальный уровень. Включает в себя Tone of Voice (TOV), формулировки постов, официальных заявлений, реакций на комментарии. Это самый очевидный и легко фиксируемый аудиторией слой коммуникации. Как отмечает К. Д. Весёлкина, именно вербальная составляющая задаёт тон диалогу и демонстрирует степень уважения к аудитории [3].

2. Визуальный уровень. Охватывает эстетику контента, качество графики, визуальную идентичность. Визуальная коммуникация формирует первое впечатление и создаёт «атмосферу» бренда, задавая ожидания аудитории относительно качества продукта и уровня сервиса.

3. Поведенческий уровень. Это наиболее значимый и, одновременно, наиболее сложный для контроля уровень. Он включает в себя реальные действия компании: скорость реакции на запросы или критику, готовность к открытому диалогу, факт предоставления обратной связи, а также действия (или бездействие) первых лиц. Важно подчеркнуть, что в цифровой среде молчание перестаёт быть нейтральным. Как точно подметил Маршалл Маклюэн: «Средство коммуникации есть само сообщение»; в контексте репутационного кризиса отсутствие реакции воспринимается как пренебрежение и становится мощным негативным сигналом.

4. Ценностный уровень. Самый глубинный уровень, который представляет собой ядро идентичности бренда. Это система убеждений, принципов и ценностей, которые компания транслирует (или должна транслировать) вовне. Рассогласование на этом уровне является самым опасным, так как ведёт не к критике конкретного действия, а к фундаментальному недоверию к бренду в целом.

Цифровая среда, обладая свойством молниеносной реакции, создаёт феномен «тотальной прозрачности». В условиях постоянно увеличивающихся интернет-пользователей в России точная, продуманная и, главное, последовательная коммуникационная стратегия перестаёт быть желательным элементом, превращаясь в критически важный актив компании.

2. Методы и данные

Методологическую базу исследования составил качественный анализ конкретных ситуаций. Выбор данного метода обусловлен необходимостью детального изучения сложных, контекстуально обусловленных явлений в области коммуникаций.

Эмпирическую базу составили три кейса, отобранные по принципу контрастности результатов:

1. Негативный кейс «Монохром» (май 2025 г.) – иллюстрирует цепную реакцию рассогласований на всех уровнях коммуникации, приведшую к репутационной катастрофе.

2. Негативный кейс PIMS (лето 2025 г.) – демонстрирует риски игнорирования контекста и агрессивной защиты как реакции на критику.

3. Позитивный кейс «Яндекс Пэй» (декабрь 2025 г.) – показывает эффективность стратегии прозрачности и быстрой реакции в условиях технического сбоя.

В качестве источников данных использовались: официальные заявления компаний, публикации в СМИ (RBC, «Коммерсантъ»), данные мониторинга социальных сетей и Telegram-каналов, а также интервью с представителями брендов, опубликованные в откры-

том доступе. Анализ проводился с применением контент-анализа текстов коммуникации и дискурс-анализа пользовательских реакций.

3. Результаты: анализ эмпирических кейсов

3.1. Кейс «Монохром»: разрушение доверия

Кейс российского бренда одежды «Монохром» является примером того, как рассогласование на одном уровне коммуникации запускает цепную реакцию разрушения на всех остальных.

Поведенческий и вербальный уровни: триггер. Исходным событием стал пост в Telegram-канале бренда с жалобой на перекрытие дорог из-за Парада Победы (рис. 3).

Рис. 3. Удаленная публикация в Телеграм-канале бренда Monochrome

Администратор сопроводил сообщение фразой: «Правильно-всем плевать на чужой бизнес. Ноу комментс». Это создало первичное рассогласование: бренд, позиционирующий себя в России, публично продемонстрировал игнорирование и обесценивание значимого государственного праздника. Столкнувшись с негативной реакцией, бренд не скорректировал коммуникацию, а усилил конфликт.: «Вас забыла спросить. Спасибо за ваше мнение». Tone of Voice стал вызывающим, что настроило аудиторию против бренда (рис. 4).

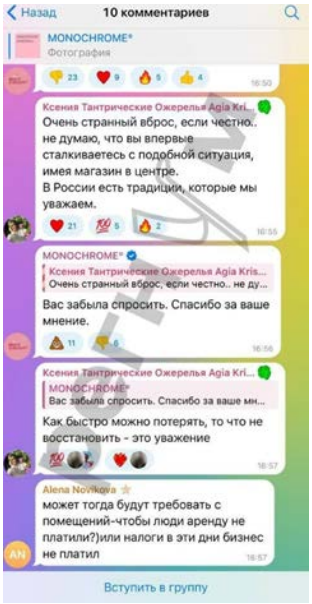


Рис. 4. Комментарии под удалённым постом в Телеграм-канале бренда Monochrome

На ценностном уровне произошло фатальное рассогласование. Осознав масштаб кризиса, компания удалила конфликтные посты и принесла извинения от имени генерального директора, признав ошибку «колоссальной» и заявив об уважении к праздникам. Это был стратегически верный, но запоздалый шаг. Однако ситуация усугубилась действиями совладелицы бренда Алисы Бохи. В личном посте она продолжила заявлять свою точку зрения. Она хоть и публиковала это в своем личном блоге, но так как она является совладелицей бренда – она в глазах своих потребителей приравнивается к лицу бренду, к человеку, ответственному за бренд. Алиса Боха принесла официальные извинения, заявив: «Даже не могла подумать, что мой комментарий (...) может вызвать столько негатива» и выразив желание «послушать критиков, когда им отключат интернет».

В итоге официальная позиция бренда (извинения, уважение) вступила в прямое противоречие с реальными действиями его совладелицы, публично проигнорировавшей значимость праздника и проявившей пренебрежение к аудитории. Это привело к окончательному разрушению доверия и обращению общественных движений в Генпрокуратуру [6].

На поведенческом уровне произошло следующее: аудитория в социальных сетях считала действие как бездействие. Официальный ответ с извинениями был выложен только тогда, когда скандал вокруг бренда уже вылился в обсуждения по всему интернету. Отсутствие быстрой и четкой реакции компании на высказывания Алисы Бохи было воспринято аудиторией как согласие с её позицией. В данном случае бездействие стало мощным негативным действием, закрепившим образ бренда как «неискреннего» и «циничного».

3.2. Кейс PIMS: игнорирование контекста и вторичность

Кейс сети напитков PIMS демонстрирует другой тип коммуникационной катастрофы, связанный с игнорированием внешнего контекста и агрессивной защитой своего креатива. Бренд выпустил ролик, который аудитория расценила как романтизацию харассмента – в видео девушку грубо осматривал на виду у посетителей заведения «PIMS» сотрудник службы безопасности. Анализ этого кейса позволяет выделить три ключевые ошибки:

1. Игнорирование контекста. Ролик был выпущен на фоне громкого скандала с «охотниками» Алекса Лесли [9]. В информационном поле, насыщенном реальными историями о домогательствах, шутка на эту тему была обречена на провал. Бренд не провёл анализ текущей повестки, что свидетельствует об отсутствии проактивного мониторинга рисков.

2. Агрессивная защита. Вместо того чтобы признать неудачную шутку и извиниться, коммуникация PIMS приняла оборонительный характер. Аудитории было заявлено, что она «не поняла юмор» и «не является целевой аудиторией». Это перевело конфликт из плоскости «неудачный креатив» в плоскость «конфликт с потребителем», что значительно усилило негатив.

3. Вторичность и плагиат. Пользователи быстро обнаружили, что ролик является копией рекламы испанского бренда. Это добавило к обвинениям в харассменте обвинения в отсутствии оригинальности и «воровстве» идей. Как отмечает сооснователь компании в интервью RBC, этот опыт стал для них болезненным уроком о природе «культуры отмены» [10].

3.3. Позитивный кейс «Яндекс Пэй»: прозрачность как стратегия

В конце 2025 года «Яндекс Пэй» столкнулся с серьёзным техническим сбоем во время акции со 100 % кешбэком [11]. Сервера не выдержали нагрузки, платежи зависли, а бренд получил 3941 упоминание, из которых 81,5 % были негативными. В отличие от предыдущих кейсов, коммуникационная реакция «Яндекса» была выстроена на принципах, которые в корне изменили исход ситуации.

Ключевые элементы успешной стратегии:

- Скорость реакции и признание вины. Официальное заявление вышло уже через сутки. Компания не пыталась переложить ответственность или «сгладить углы», а прямо признала факт технической ошибки.
- Конкретика и прозрачность. Вместо общих фраз о «работе над ошибками» бренд дал чёткую инструкцию: кто, когда и сколько получит в качестве компенсации.
- Действия вместо слов. Обещанные компенсации были выплачены, что превратило негативный опыт в демонстрацию надёжности.

В результате волна негатива схлынула за два дня. Несмотря на то, что публикации о сбое вышли в топовых СМИ, «пожар» был потушен благодаря честности и конкретике. Этот

кейс демонстрирует, что в цифровой среде признание ошибки и прозрачность работают значительно эффективнее молчания или попыток «защитить честь мундира».

Проведённый анализ позволяет сделать вывод о том, что все три кейса, несмотря на их разную природу (ценностный конфликт, неудачный креатив, технический сбой), подчиняются единой логике восприятия в цифровой среде. Ключевым фактором, определяющим исход, является последовательность действий на всех уровнях коммуникации.

В кейсе «Монохром» мы наблюдаем каскадный эффект: первоначальная ошибка на вербальном уровне была многократно усилена рассогласованием на ценностном (между словами генерального директора и действиями совладелицы) и поведенческом (молчание компании). В кейсе PIMS к изначальному просчёту в креативе добавилась агрессивная вербальная защита, что трансформировало ситуацию из разовой ошибки в системный конфликт.

Позитивный кейс «Яндекса» подтверждает гипотезу исследования. Технический сбой, который по своей природе не связан с ценностями бренда, не привёл к долгосрочному репутационному ущербу именно благодаря последовательным действиям. Компания действовала в соответствии с заявленным принципом «клиентоцентричности»: быстро признала проблему, предложила конкретное решение и выполнила обещание. Её поведенческий уровень (быстрая реакция, компенсация) полностью соответствовал заявленным ценностям.

Таким образом, мы можем утверждать, что для современного бренда в России критически важным является не столько отсутствие ошибок (что невозможно), сколько наличие комплексной и продуманной антикризисной коммуникационной стратегии. Эта стратегия должна включать в себя не только план действий на случай кризиса, но и регулярную рефлексию и анализ произошедших событий для предотвращения будущих рисков.

Заключение

Проведённое исследование позволяет сформулировать следующие основные выводы, подтверждающие заявленную гипотезу и демонстрирующие научную новизну работы:

1. Цифровая среда трансформирует природу коммуникации, превращая каждое действие бренда (включая бездействие) в значимый элемент его образа. Восприятие потребителя формируется на основе комплексного анализа вербальных, визуальных, поведенческих и ценностных сигналов, которые компания транслирует.

2. Репутационные риски возникают в точках рассогласования между декларируемыми ценностями и реальными действиями, а также между различными уровнями коммуникации. Кейс «Монохром» является ярким подтверждением того, что внутренняя несогласованность позиций фатальна для репутации.

3. Скорость реакции и прозрачность являются ключевыми факторами разрешения конфликта. Кейс «Яндекс Пэй» демонстрирует, что признание ошибки, конкретные действия по её исправлению и чёткая коммуникация способны не только погасить кризис, но и повысить лояльность аудитории.

4. Игнорирование контекста и агрессивная защита являются наиболее разрушительными стратегиями. Кейс PIMS показывает, что попытки обвинить аудиторию в «непонимании» превращают временный инфоповод в затяжной репутационный кризис.

5. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования его выводов для построения эффективных антикризисных коммуникаций. Брендам, функционирующим в российской цифровой среде, рекомендуется внедрять проактивный мониторинг инфополя, разрабатывать сценарии действий для разных типов кризисов, а также обеспечивать строгую согласованность позиций всех представителей компании, особенно первых лиц.

Список литературы

1. Гавра Д. П. Понятие и характеристики коммуникационной стратегии // Российская школа связей с общественностью. 2019. № 15. С. 12–25. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-i-harakteristiki-kommunikatsionnoy-strategii (дата обращения: 21.03.2026).

2. Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации / пер. с англ. под ред. Ю. Н. Каптуревского. СПб.: Питер, 2004. 512 с. URL: https://pqm-online.com/ assets/files/lib/books/minzberg.pdf (дата обращения: 24.03.2026).

3. Весёлкина К. Д. Коммуникационная стратегия бренда в условиях цифровой трансформации // Вестник науки. 2025. № 7 (88). С. 45–52. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kommunikatsionnaya-strategiya-brenda-v-usloviyah-tsifrovoy-transformatsii (дата обращения: 23.03.2026).

4. Цифровая экономика: 2026: краткий статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». 2026. 132 с. URL: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/1110991380.pdf (дата обращения: 24.03.2026).

5. Маклюэн М. Понимание медиа: Внешние расширения человека / пер. с англ. В. Николаева. М.: Канон-пресс-Ц, 2001. 464 с. URL: https://gtmarket.ru/library/basis/3528 (дата обращения: 23.03.2026).

6. Совладелицу «Монохрома» Алису Боху требуют привлечь к ответственности из-за слов о Дне Победы // В фокусе. 2025. URL: https://vfokuse.mail.ru/articles/66045238-sovladelicu-monohroma-alisu-bohu-trebuyut-privlech-k-otvetstvennosti-iz-za-slov-o/ (дата обращения: 23.03.2026).

7. Кейс-разбор Monochrome: как пост в Телеграме уничтожил репутацию бренда за 3 дня // Sidorin Lab. 2025. URL: https://sidorinlab.ru/blog/kejs-razbor-monochrome-kak-post-v-telegrame-unichtozhil-reputacziyu-brenda-za-3-dnya (дата обращения: 23.03.2026).

8. Fatality: Как один пост разорвал бренд и возможно ли его спасти? // Black River. 2025. URL: https://blackriver.agency/articles/fatality-monochrome-kak-odin-post-razorval-brend-i-vozmozhno-li-ego-spasti/ (дата обращения: 23.03.2026).

9. «Напавших не наказать»: россиянки массово столкнулись с новой угрозой // РИА Новости. 2025. URL: https://ria.ru/20250626/lesli-2025582405.html (дата обращения: 24.03.2026).

10. Сооснователь Pims – впервые открыто о скандале и культуре отмены // RBC Style. 2025. URL: https://style.rbc.ru/life/693aa0379a79474d81fd30d2 (дата обращения: 23.03.2026).

11. 5 минут акции и 3 дня кризиса: разбираем кейс Яндекс Пэй // Sidorin Lab. 2026. URL: https://sidorinlab.ru/blog/5-minut-akczii-i-3-dnya-krizisa-razbiraem-kejs-yandeks-pej (дата обращения 21.03.2026)

Бондарь А.В.
студент,
nastya.bondar.2003@mail.ru
Научный руководитель: ***Суворова Е.Ю.***
к.э.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

КАРЬЕРНАЯ ТРАЕКТОРИЯ МОЛОДЕЖИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Аннотация. В статье рассматривается влияние современного рынка труда на формирование карьерных траекторий молодежи в образовательной среде. Анализируются изменения в структуре спроса на высшее образование, роль непрерывного обучения и неакадемических компетенций, а также трансформация функций университетов. На основе данных формы № ВПО-1 выявлены тенденции изменения контингента студентов и кадрового состава вузов. Показано, что университет выступает не только как образовательный институт, но и как пространство раннего профессионального становления и формирования карьерных стратегий

Ключевые слова: не карьерные траектории; высшее образование; рынок труда; университет; студенты; непрерывное образование.

Современный рынок труда оказывает существенное влияние на стратегию развития университетов: в зависимости от изменений в требованиях спроса на специалистов, пере-

сматриваются имеющиеся учебные программы, возникают новые, реорганизуются или прекращается набор на те специальности, которые утрачивают актуальность. По данным 15-го мониторинга качества приема на бюджетные и платные места российских вузов в 2025, проводившегося Институтом образования ВШЭ, фиксируется устойчивый переход более подготовленных абитуриентов к техническим специальностям, а именно на инженерные и IT-направления, наблюдается их рост при снижении в гуманитарных и социально-экономических направлениях как на уровне профессионального образования, так и на уровне вузов [3]. Данная тенденция может быть связана с возрастающим интересом к цифровизации и внедрению, например, искусственного интеллекта на предприятиях и в организациях, а также увеличением числа занятых в технологических и оборонных отраслях страны. В свою очередь, это влияет на образовательные и карьерные ориентиры молодежи.

Однако в последние десятилетия получение высшего образования само по себе не гарантирует трудоустройства по окончании вуза. Ранее работодатели в начале 2000-х годов отмечали обратное: в статье 2006 года из 516 руководителей предприятий различных сфер экономики и форм собственности 80,4 % отмечали, что наличие высшего образования входит в их представление об идеальном работнике [4]. В современных условиях руководители все чаще обращают внимание на практический опыт кандидата, его гибкие навыки, способности к самообучению и быстрой адаптации в меняющихся условиях, а не только на формальную квалификацию и специальность, указанную в дипломе. Это оказывает существенное влияние на стартовые карьерные возможности выпускников и траектории их профессионального развития.

В последние годы в общественном сознании укрепляется концепция непрерывного образования (lifelong learning). Данная концепция связана с быстрыми изменениями условий рынка труда и профессиональной деятельности. Большинство современных рабочих мест требуют подготовки в области ИКТ, а университеты в связи с этим находятся в процессе перехода от модели освоения ограниченного набора жестких навыков к более гибким образовательным траекториям. Также возрастает роль послевузовского образования, направленного на обновление компетенций в условиях быстро меняющихся требований рынка труда [5]. Это, в свою очередь, усиливает роль университетов как системы институтов, которые предоставляют не только базовое высшее образование, но и дают возможности дальнейшего профессионального развития. Следовательно, возрастает значение механизмов, способствующих формированию карьерных траекторий студентов уже в период обучения.

Рассматривая необходимость неакадемического и послевузовского образования, следует отметить, что для успешной профессиональной деятельности они могут играть одну из ключевых ролей. В контексте трудоустройства выпускников особое значение приобретают неакадемические компетенции. По словам заместителя министра науки и высшего образования О. Петровой, «встречают по hard skills, а провожают по soft skills» [1].

И в отечественной, и в зарубежной литературе «гибкие навыки» (soft skills) рассматриваются как важное дополнение к профессиональным, а не их основу. Это те навыки, которые влияют на то, как индивид способен взаимодействовать с окружающими, достигать поставленных целей, а также способность эффективно реализовывать профессиональные компетенции. Таким образом, можно говорить о смещении требований работодателей в сторону сочетания профессиональных и надпрофессиональных компетенций.

Федеральные государственные стандарты, нацеленные в первую очередь на приобретение «жестких», профильных навыков по специальности, могут не в полной мере соответствовать требованиям рынка труда [7]. Обновление федеральных государственных образовательных стандартов происходит с определенной периодичностью примерно раз в 10 лет, но с введением “третьего поколения” в 2021 (ФГОС 3) и 2022 (ФГОС 3+) годах точечные поправки вносятся каждый учебный год как раз для адаптации системы образования к предъявляемым и актуальным требованиям. Тем не менее, данные изменения не всегда позволяют в полной мере учитывать потребности рынка труда.

Для восполнения этого пробела студенты все чаще обращаются ко внеучебным формам развития компетенций. Множество направлений внеучебной деятельности в университетах могут помочь с развитием любого гибкого навыка. Также одним из механизмов поддержки развития надпрофессиональных навыков и поддержки трудоустройства выступают универ-

ситетские карьерные центры, выполняющие функцию посредника между рынком труда и образовательной средой. Центры карьеры и центры содействия трудоустройству чаще всего проводят бесплатные обучающие мероприятия и мастер-классы на приобретение и развитие «гибких» навыков, а также могут помочь в выборе карьерной траектории. Таким образом, карьерные центры становятся важным элементом инфраструктуры профессионального развития студентов, влияющим на формирование их становления как профессионала.

Так, Центр карьеры и трудоустройства Московского Политеха предоставляет карьерные консультации, помогающие студенту определиться, в каком направлении он хочет работать, определить те навыки, которые у него есть, а также отметить точки роста для получения желаемой карьеры.

Под приобретение неакадемических компетенций больше заточены региональные и университетские тренинговые центры, которые могут работать в связке. В Москве свою деятельность ведет МРТЦ АТ РСМ – Московский региональный тренинговый центр Ассоциации Тренеров Российского Союза Молодёжи, который занимается популяризацией неформального образования путем проведения тренингов по приобретению дополнительных навыком, которые могут пригодиться в процессе работы в целом и работы с людьми в частности. МРТЦ взаимодействует со многими вузами Москвы и проводит в них выездные мероприятия и тренинги. Также в ряде университетов реализуются программы карьерного консультирования и тренингов, направленные на развитие навыков целеполагания и профессионального самоопределения студентов.

Среди наиболее перспективных мероприятий по трудоустройству выпускников можно отметить карьерные ярмарки. Они могут проводиться как по региону и городу – в Москве пользуется популярностью выставка-форум «Образование и карьера», объединяющая ведущие вузы Москвы, колледжи и работодателей. Мероприятие направлено на профориентацию абитуриентов и молодых специалистов, университеты рассказывают о новых образовательных программах, а работодатели предлагают вакансии и стажировки. Участие в таких мероприятиях для организаций стоит недешево, что формирует более устойчивый состав участников мероприятия [2]. Карьерные мероприятия также могут проводиться и в университетах. В Московском Политехе дважды в год – весной и осенью, – проходит Карьерный форум – мероприятие, привлекающее в стены университета партнеров вуза, которые готовят свои стенды, рассказывают о своей организации, о возможностях трудоустройства и предоставляемых стажировках. Преимуществом такого взаимодействия является то, что компании-партнеры университета уже понимают, что, вероятнее всего, у студентов не так много опыта работы по специальности, а участие в таком мероприятии означает готовность взять кандидата без опыта к себе. Кроме того, подобные мероприятия помогают и студентам, и работодателям: студенты могут более объективно увидеть карьерную среду той области, в которой они получают образование, а организации лучше знакомятся со своими потенциальными стажерами и сотрудниками, что также может повлиять на программу стажировок и на пересмотр ценностей, которых придерживаются начинающие специалисты, что способно повлиять на подход к ним.

Стоит отметить, что первый опыт работы студенты могут получать не только за пределами университета, но и в нем, ведь университетская среда может предоставить эту возможность раннего включения в профессиональную деятельность. Университеты часто привлекают студентов к работе в качестве ассистентов, лаборантов, координаторов, организаторов проектов и сотрудников административных подразделений, что создает условия для начала профессиональной карьеры еще в период обучения. Так, просмотрев вакансии, на которые Московский Политех ищет сотрудников на сайте Teletype аккаунта Карьерного центра Московского Политеха, можно сделать вывод, что чаще всего в университете студенты без высшего образования и опыта работы рассматриваются на должность делопроизводителей. Вакансии предусматривали работу с документооборотом и корреспонденцией, а вакансии в Центр по работе со студентами и в Отдел по организации мероприятий также предполагали работу с системой 1С, что свидетельствует о вовлечении студентов в административные процессы университета. Происходил поиск веб-дизайнера (UI/UX), в требованиях к которому также не указывалось наличие опыта, но требовалось портфолио работ, которое студенты и выпускники творческих направлений нарабатывают в процессе учебы. Анализ вакансий

показывает, что университеты предоставляют студентам возможности для получения первого профессионального опыта.

Кроме того, практика работы подразделений показывает, что студенты бакалавриата чаще всего вовлекаются в деятельность именно административных подразделений, а студенты магистратуры и аспирантуры нередко приглашаются на должности ассистентов на кафедры. Это позволяет рассматривать университетскую среду как пространство формирования ранних карьерных траекторий молодежи.

Для более детального анализа роли университетов в формировании профессионального становления обратимся к статистическим данным, а именно к форме № ВПО-1.

Форма № ВПО-1 – ежегодный отчет, содержащий в себе сведения об организации, реализующей программы высшего образования. При анализе данного отчета с сайта Минобрнауки России заметен устойчивый рост контингента обучающихся с 4,05 миллиона человек в 2020 году до 4,65 миллиона человек в 2025 году (табл. 1). Это указывает на расширении системы высшего образования и сохранении спроса на него, что непосредственно влияет на профессиональное становление. Одновременно происходит рост студентов очной и очно-заочной(вечерней) формы обучения, в то время как численность студентов заочной формы сокращается до 2024 включительно и приобретает некоторый рост в 2025. Полученные данные [6] позволяют говорить о трансформации образовательных стратегий молодежи: так, рост очно-заочной формы позволяет сформулировать гипотезу о том, что студенты все чаще стремятся совмещать получение высшего образования и карьеру, и одновременно выбирают более “включенные” варианты обучения, позволяющие более активно включиться в образовательный процесс. В сложившихся условиях это позволяет выстраивать индивидуальный карьерный план уже в период обучения. Это указывает на более ранний выход молодежи на рынок труда и вход в профессию в период обучения, а также свидетельствует о трансформации предпочтений обучающихся в части высшего образования.

Таблица 1

Численность студентов по формам обучения с 2020 по 2025 год

Год	**Численность студентов, человек**			
	Всего, человек	***Очная форма обучения, человек***	***Очно-заочная (вечерняя) форма обучения, человек***	***Заочная форма обучения, человек***
2020	4 049 333	2 429 308	206 139	1 413 886
2021	4 044 203	2 474 778	264 816	1 304 609
2022	4 130 018	2 568 274	341 004	1 220 740
2023	4 325 280	2 670 141	479 567	1 175 572
2024	4 431 687	2 748 205	564 814	1 118 668
2025	4 657 959	2 831 464	672 684	1 153 811

Как было отмечено ранее, университет в том числе является площадкой для получения первого рабочего опыта у молодежи, в том числе благодаря возможности работы на кафедре в качестве ассистентов и преподавателей, которые относятся к профессорско-преподавательскому составу университета. В данном случае анализ структуры профессорско-преподавательского состава дает дополнительное понимание особенностей профессионального развития в университетской среде, которая не только готовит кадры для внешнего рынка труда, но и воспроизводит собственные кадры. И действительно: возрастное распределение показывает рост численности молодых преподавателей (до 30 лет) до 2024 года включительно. Старшие возрастные группы составляют большую часть профессорского-преподавательского состава, что отражает особенности академической карьерной траектории в университетской среде и длительном характере карьерного продвижения в университете (табл. 2).

Таблица 2

Распределение профессорско-преподавательского состава по возрасту с 2020 по 2025 год

Год	Распределение профессорско-преподавательского состава по возрасту – всего, лет									
	менее 25 лет	*25-29 лет*	*30-34 лет*	*35-39 лет*	*40-44 лет*	*45-49 лет*	*50-54 лет*	*55-59 лет*	*60-64 лет*	*65 и более лет*
2020	988	9 841	19 361	25 871	31 155	27 441	21 080	22 007	21 676	43 668
2021	1 026	9 162	18 022	24 770	30 445	28 646	21 400	20 983	20 942	42 257
2022	1 614	9 628	17 047	24 092	29 272	29 147	22 398	20 075	20 471	41 341
2023	2 317	10 731	16 044	23 152	28 189	30 593	24 006	19 723	20 185	41 163
2024	3 063	11 631	15 721	22 377	26 980	30 746	25 259	19 697	19 711	41 335
2025	2 981	12 140	15 342	21 181	26 003	30 847	26 755	19 979	19 235	42 309

Более глубокое понимание специфики карьерного развития высшей школы предоставляет анализ распределения преподавателей по педагогическому стажу работы (табл. 3). Прослеживается рост численности преподавателей с минимальным стажем работы (до 3 лет) и увеличение группы с максимальным стажем работы (20 лет и более). В то же время происходит сокращение количества работников со средним стажем работы (от 5 до 15 лет). Можно предположить, что каналы входа в преподавательскую деятельность для молодых специалистов существуют, однако вместе с этим наблюдается проблема закрепления преподавателей на средних этапах профессиональной карьеры, что позволяет говорить о наличии разрыва между этапом входа в академическую деятельность и этапом устойчивого закрепления в ней.

Таблица 3

Распределение профессорско-преподавательского состава по стажу работы с 2020 по 2025 год

Год	Распределение профессорско-преподавательского состава по педагогическому стажу работы (лет)											
	Всего						*в % к общему числу профессорско-преподавательского состава*					
	до 3 лет	*от 3 до 5 лет*	*от 5 до 10 лет*	*от 10 до 15 лет*	*от 15 до 20 лет*	*20 и более лет*	*до 3 лет, %*	*от 3 до 5 лет, %*	*от 5 до 10 лет, %*	*от 10 до 15 лет, %*	*от 15 до 20 лет, %*	*20 и более лет, %*
2020	9 051	10 201	27 141	33 188	39 702	102 583	4,1	4,6	12,2	14,9	17,8	46
2021	9 620	10 131	25 781	30 592	38 221	101 455	4,4	4,7	11,8	14,1	17,6	46,6
2022	10 955	9 973	24 887	29 086	36 379	101 556	5,1	4,6	11,6	13,5	16,9	47,2
2023	14 181	9 641	23 329	28 048	34 328	103 847	6,6	4,5	10,8	13	15,9	48,1
2024	14 971	10 110	22 496	27 051	32 737	104 925	6,9	4,7	10,4	12,5	15,1	48,5
2025	14 752	10 937	21 814	25 793	31 508	107 003	6,8	5	10,1	11,9	14,5	49,4

Сопоставление распределения по стажу работы и возрастной структуры работников высших учебных заведений позволяет сделать предположение, что приток молодых специалистов в сферу высшего образования не всегда сопровождается долгосрочным закреплением в ней в качестве профессорско-преподавательского состава. Университет может рассматриваться как пространство для формирования начальных этапов профессиональной деятельно-

сти, однако построение академической карьеры может требовать дополнительных механизмов поддержки и предоставления определенных условий.

Анализ общей кадровой структуры работников университета позволяет дополнить представление о формировании карьерных траекторий для сотрудников, в частности молодых. Общая численность работников снижается при росте числа студентов, что указывает на рост нагрузки на персонал, что, в свою очередь, потенциально влияет на закрепление сотрудников в сфере образования. Высокий порог входа в академическую среду проявляется в том, что практически весь профессорско-преподавательский состав состоит из сотрудников, получивших высшее образование. Рост работников по договорам гражданско-правового характера может отражать распространение менее устойчивых, но при этом более гибких форм занятости в университетской среде (табл. 4).

Таблица 4

Распределение работников высших учебных заведений по уровню образования, выполнению работы по договорам ГПХ и прохождению программ повышения квалификации с 2020 по 2025 год

Год	Численность работников, человек	Имеют высшее профессиональное образование, человек	Руководящий персонал, всего человек	Имеют высшее профессиональное образование, человек	Профессорско-преподавательский состав – всего, человек	имеют высшее профессиональное образование, человек	Численность работников, выполняющих работы по договорам гражданско-правового характера, человек	Из них осущ-е образовательную деятельность по образовательным программам высшего образования, человек	Освоили дополнительные программы повышения квалификации (или) профессиональной подготовки за предыдущий учебный год, человек
2020	576 276	463 217	29 691	28 679	223 088	223 073	86 063	42 985	148 117
2021	563 046	456 280	30 530	29 468	217 653	217 631	93 420	49 014	144 025
2022	560 681	457 193	33 810	32 785	215 085	215 044	101 346	51 326	143 011
2023	560 581	456 775	34 636	33 618	216 103	216 038	112 388	58 028	141 306
2024	557 478	454 404	36 007	35 080	216 520	216 344	114 532	58 272	138 787
2025	555 672	456 042	36 924	35 866	216 772	216 604	115 881	57 819	136 195

Рост численности руководящего персонала может указывать на наличие возможностей вертикальной карьерной мобильности внутри университетов. Одновременно отмечается расхождение между рассматриваемой значимостью непрерывного образования и сокращением числа сотрудников, проходящих повышение квалификации (или) профессиональной подготовки за предыдущий учебный год.

Таким образом, в связи с изменяющимися потребностями рынка и интересами молодых людей в части получения образования и приобретения “гибких” навыков, меняется и тенденция образовательных и карьерных траекторий. В этих условиях университетская среда может являться не только пространством получения высшего образования и приобретения неакадемических навыков, но и местом входа в профессию молодых людей. Рост численности обучающихся при изменении выбираемых форм обучения показывает изменение стратегии обучения и более раннее включение в профессиональную деятельность. В это же время, по итогам анализа формы № ВПО-1 за последние шесть лет, распределение профессорско-преподавательского состава по возрасту и по стажу работы показывает имеющиеся каналы

входа в академическую сферу для молодежи, но при этом указывает на трудности закрепления на дальнейших этапах работы.

Можно рассматривать университет в том числе как специфическую форму организации рынка труда, где часто на должности рассматриваются кандидаты без высшего образования и опыта работы – студенты, – и в которой происходит первичное профессиональное становление специалистов. На это указывает анализ данных о кадрах университетов: академическая среда имеет высокий порог входа, но при этом предоставляет траектории карьерного роста и наличие гибких форм занятости.

Представленные данные подтверждают важную роль университетов в карьерном становлении молодежи. Университетская среда оказывает существенное влияние на характер и устойчивость карьерного развития молодых специалистов, что может требовать дальнейшего изучения механизмов их формирования.

Список литературы

1. «Встречают по hard skills, а провожают по soft skills» // BezFormata. URL: https://moskva.bezformata.com/listnews/vstrechayut-po-hardam-a-provozhayut-po-softam/132657753/ (дата обращения: 06.03.2026).

2. Карьерные ярмарки как инструмент трудоустройства выпускников // eLIBRARY.RU. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21254298 (дата обращения: 10.03.2026).

4. Мониторинг качества приема в вузы 2025 / Институт образования НИУ ВШЭ. URL: https://www.hse.ru/ege2025/#anc1 (дата обращения: 06.03.2026).

5. Работодатели о требованиях к работникам // Демоскоп Weekly. 2007. № 291. URL: https://www.demoscope.ru/weekly/2007/0291/analit01.php (дата обращения: 06.03.2026).

6. Современные тенденции образования в эпоху цифровизации // CyberLeninka. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-obrazovaniya-v-epohu-tsifrovizatsii (дата обращения: 06.03.2026).

7. Статистика высшего образования // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. URL: https://minobrnauki.gov.ru/action/stat/highed/ (дата обращения: 09.04.2026).

8. Проблемы соответствия образовательных стандартов требованиям рынка труда // eLIBRARY.RU. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44597910_31234872.pdf (дата обращения: 06.03.2026).

Черникова С.М., Баранов В.И., Панпушный Э.В.
студенты,
Научный руководитель: ***Логачёв М.С.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

УМНЫЙ ПОМОЩНИК MOODLE ASSISTANT КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПОДСИСТЕМОЙ В ЭКОНОМИКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье рассматривается повышение эффективности управления образовательной подсистемой в рамках социально-экономических систем устойчивого развития. Предложено решение в виде цифрового помощника для LMS Moodle, основанного на методах семантического поиска. Обоснован экономический эффект внедрения через сокращение временных и транзакционных издержек. Показано, что цифровизация образовательных процессов способствует также снижению экологической нагрузки.

Ключевые слова: устойчивое развитие; социально-экономические системы; цифровой помощник; Moodle; векторный поиск; интеллектуальные системы; образование.

Введение

В условиях перехода к экономике устойчивого развития возрастает необходимость повышения эффективности управления образовательными процессами, поскольку именно образовательная система обеспечивает формирование человеческого ресурса [1]. В этой связи особую роль играет цифровая трансформация образовательной среды, направленная на обеспечение доступности, непрерывности и качества обучения [4].

Вместе с тем на практике образовательные платформы, такие как LMS Moodle, сталкиваются с рядом проблем, связанных с низкой оперативностью администрирования учебных процессов и высокой нагрузкой на участников образовательного процесса [5]. Значительное количество рутинных задач, включая поиск информации, навигацию по курсам и обработку однотипных запросов, снижает эффективность работы как студентов, так и преподавателей.

Важным аспектом устойчивого развития является также экологическая составляющая, связанная с рациональным использованием ресурсов. В образовательной среде это проявляется в снижении использования бумажных материалов, уменьшении количества очных взаимодействий и оптимизации работы с цифровыми ресурсами. Внедрение интеллектуальных цифровых помощников может способствовать снижению экологической нагрузки за счет повышения эффективности работы с информацией и сокращения избыточных операций [7].

В рамках данного исследования рассматривается возможность использования интеллектуального ассистента «Moodle Assistant» в качестве инструмента оптимизации взаимодействия пользователей с системой дистанционного обучения. Предлагаемое решение направлено на автоматизацию информационной поддержки и повышение удобства работы с образовательной платформой.

Методы

На первом этапе был применен метод системного анализа, направленный на изучение функционирования системы дистанционного обучения Moodle. В рамках анализа рассматривались основные процессы взаимодействия пользователей с платформой, включая поиск учебных материалов, выполнение заданий и навигацию по курсу. Это позволило выявить ключевые проблемы, связанные с доступом к информации и организацией работы в системе.

Далее использовался метод моделирования бизнес-процессов, позволяющий формализовать последовательность действий пользователя при работе с системой. Были описаны основные сценарии взаимодействия до и после внедрения цифрового помощника, что позволило определить точки, в которых происходит наибольшая потеря времени.

При разработке решения применялись принципы проектирования информационных систем. Архитектура включает клиентскую и серверную части: клиент реализован в виде браузерного расширения, а серверная часть отвечает за обработку пользовательских запросов и взаимодействие с базой данных.

Отдельное внимание уделено проектированию базы данных. Для хранения информации использована СУБД PostgreSQL. В базе данных реализована таблица, содержащая элементы курса, их текстовое описание и векторные представления (embedding), что обеспечивает возможность семантического поиска.

Для обработки текстовых запросов применяются методы обработки естественного языка, включая преобразование текста в векторное представление и вычисление семантической близости между запросом пользователя и элементами курса. Дополнительно используется языковая модель, развернутая локально с помощью инструмента Ollama, обеспечивающая интерпретацию пользовательского запроса и формирование итогового ответа [6].

В рамках исследования была проведена технико-экономическая оценка внедрения цифрового помощника в образовательный процесс.

Основным эффектом внедрения является сокращение временных затрат пользователей при выполнении типовых операций, что может быть интерпретировано как снижение транзакционных издержек образовательной системы [3].

Для количественной оценки введем показатель экономического эффекта:

$$E = (T_1 - T_2) \cdot C \cdot N - Z, \qquad (1)$$

где T_1– среднее время выполнения задачи без использования цифрового помощника; T_2– время выполнения аналогичной задачи после внедрения; C– средняя стоимость единицы ра-

бочего времени пользователя; N– количество пользователей системы; Z– затраты на разработку и внедрение решения.

Данная модель позволяет перевести сокращение временных затрат в денежное выражение и оценить экономическую целесообразность внедрения цифрового помощника.

Для определения эффективности использования системы дополнительно введем показатель относительного сокращения времени:

$$K_{eff} = \frac{T_1}{T_2}, \qquad (2)$$

где K_{eff}– коэффициент повышения эффективности. При $K_{eff} > 1$ внедрение цифрового помощника приводит к ускорению выполнения задач.

С точки зрения инвестиционной привлекательности проекта важным является показатель срока окупаемости:

$$P = \frac{Z}{(T_1 - T_2) \cdot C \cdot N}, \qquad (3)$$

где P – срок окупаемости внедрения цифрового помощника.

Результаты

В результате проведенного исследования был разработан цифровой помощник «Moodle Assistant», интегрируемый в систему дистанционного обучения Moodle и предназначенный для упрощения работы пользователей с учебными материалами.

На основе проведенного системного анализа были выявлены основные затруднения при работе с системой, связанные с поиском информации и навигацией по курсам. Установлено, что пользователи тратят значительное количество времени на выполнение типовых действий, таких как переход между разделами и поиск необходимых материалов.

Разработанная модель отражает последовательность действий пользователя при выполнении учебных задач и позволяет выделить этапы, на которых возникают наибольшие временные затраты. После внедрения цифрового помощника количество действий, необходимых для получения информации, сокращается за счет автоматизации поиска и упрощения навигации.

В рамках разработки решения была реализована архитектура системы, включающая клиентскую и серверную части. Клиентская часть представлена браузерным расширением (см. рисунок 1), встроенным в интерфейс Moodle, что позволяет пользователю взаимодействовать с помощником непосредственно в процессе работы с курсом. Серверная часть обеспечивает обработку пользовательских запросов, поиск информации и формирование ответов.

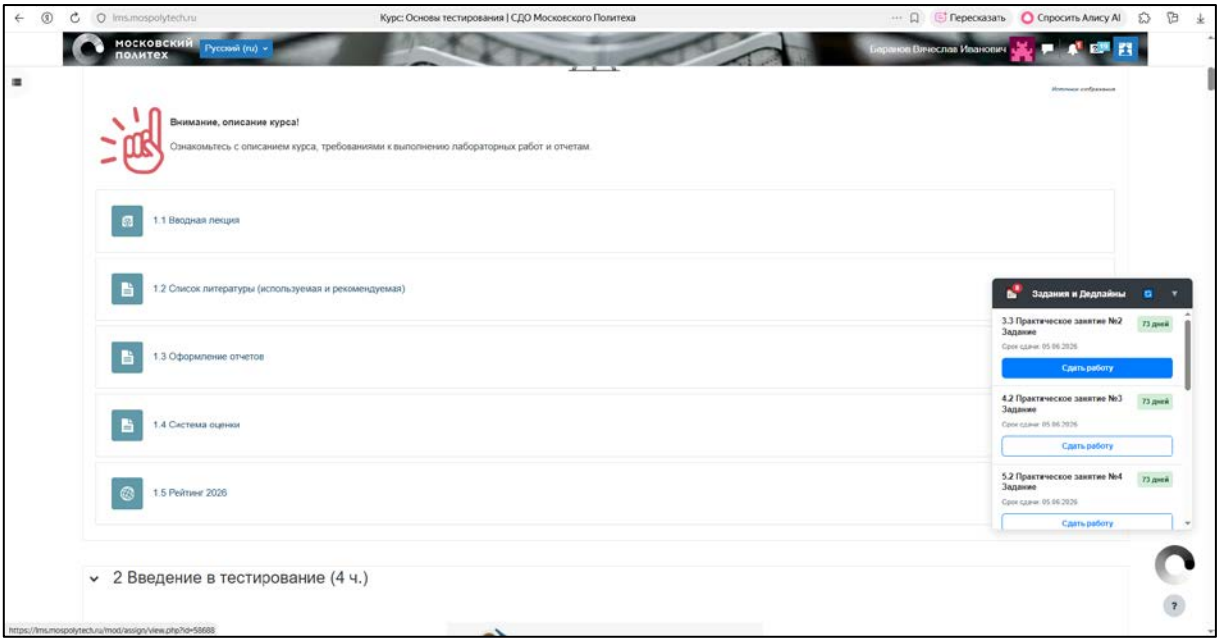


Рис. 1. Снимок экрана с интерфейсом расширения

Особое внимание было уделено реализации структуры хранения данных. В соответствии с выбранным подходом была разработана база данных в СУБД PostgreSQL. Основная таблица, используемая для хранения информации об элементах курса, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Структура таблицы module_index

Поле	Тип данных	Описание
id	varchar	уникальный идентификатор элемента
module_id	varchar	идентификатор модуля в системе
course_id	varchar	идентификатор учебного курса
module_type	varchar	тип элемента (лекция, задание и др.)
title	varchar	название элемента курса
content_text	text	текстовое содержание элемента
url	varchar	ссылка на элемент курса
visibility	jsonb	параметры отображения и доступности
embedding	vector(384)	векторное представление текста

Использование векторных представлений позволяет реализовать семантический поиск, при котором учитывается смысл пользовательского запроса. Это обеспечивает более точный подбор результатов по сравнению с традиционным поиском по ключевым словам.

Алгоритм работы системы включает ввод запроса пользователем, его обработку и преобразование в векторное представление, поиск наиболее релевантных элементов курса и формирование ответа. Такой подход позволяет обрабатывать запросы в свободной форме и находить информацию даже при неточном вводе, смотреть рисунок 2.

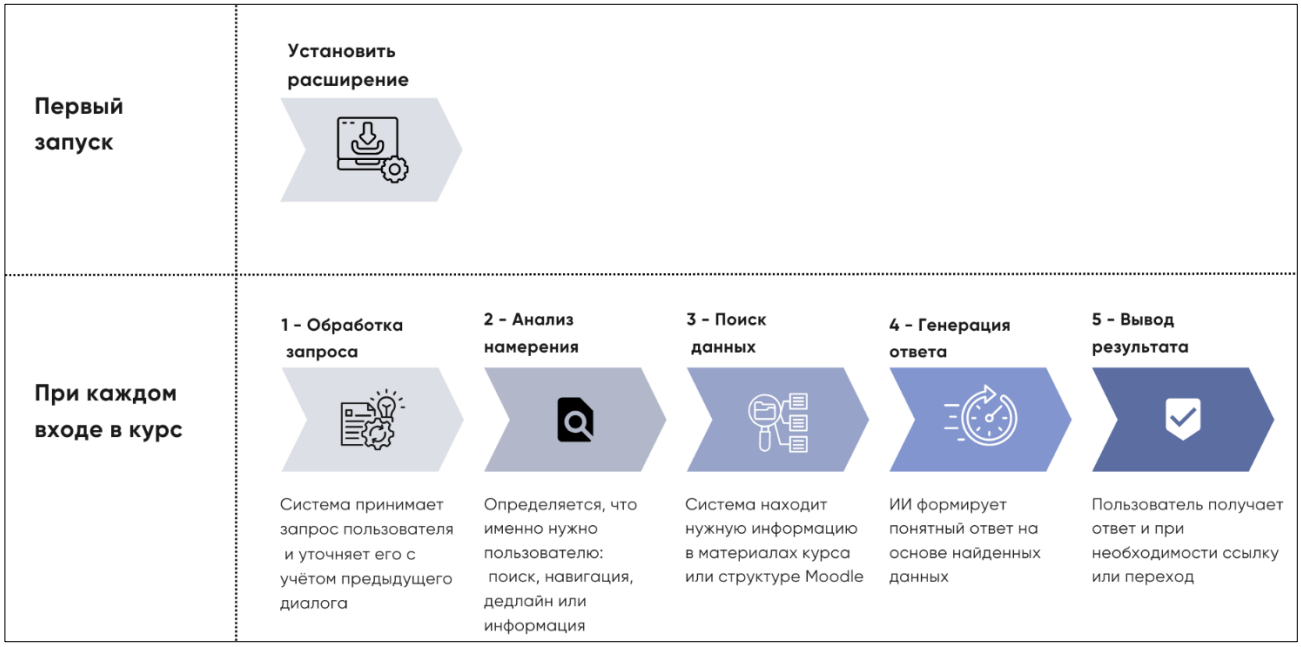


Рис. 2. Схема работы системы

В процессе работы системы пользователь взаимодействует с цифровым помощником через интерфейс браузерного расширения (см. рисунок 3). Основной сценарий начинается с ввода текстового запроса, на основании которого система осуществляет поиск информации внутри курса.

Рис. 3. Снимок экрана, содержащий запрос от пользователя

На представленном интерфейсе пользователь вводит запрос, после чего система анализирует его содержание и формирует ответ. В результате пользователю предоставляется краткая информация, а также ссылки для перехода к соответствующим элементам курса. Это позволяет сократить время поиска и избежать необходимости ручного просмотра разделов.

Кроме того, помощник реализует функцию навигации по курсу, это показано на рисунке 4. В зависимости от содержания запроса система определяет релевантные разделы и предлагает пользователю переход к нужным материалам.

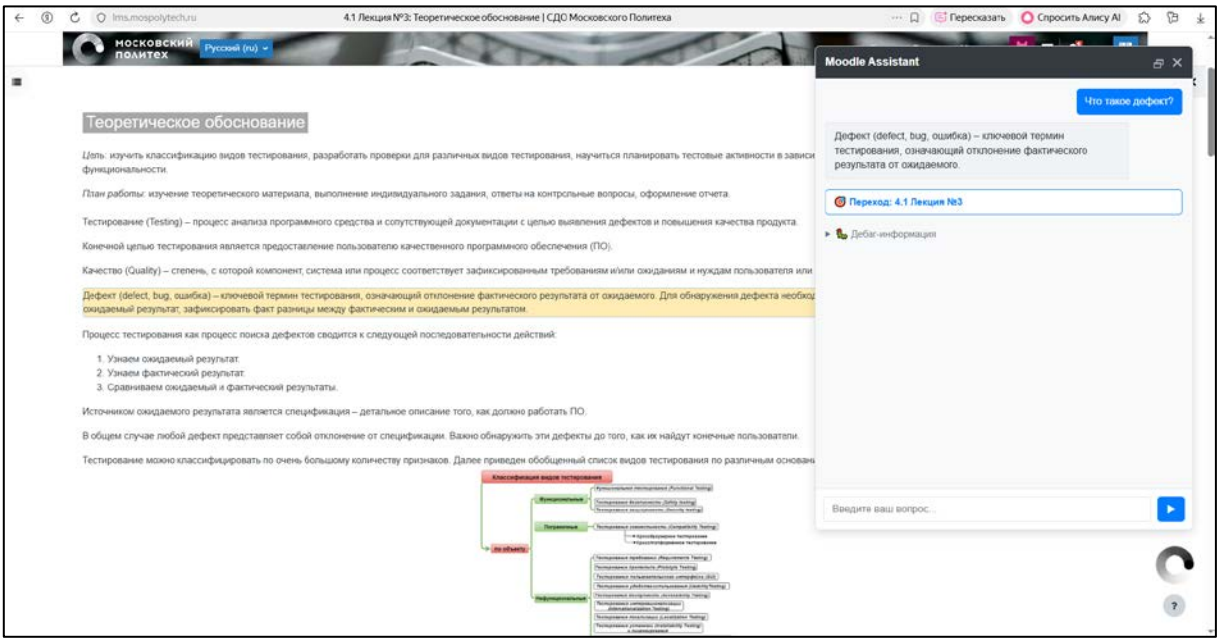


Рис. 4. Снимок экрана, содержащий вопрос по теоритическому материалу курса от пользователя

Дополнительно помощник формирует рекомендации по изучению материалов курса. На основе структуры курса система предлагает последовательность изучения тем, что особенно полезно для пользователей, не знакомых с содержанием дисциплины (см. рисунок 5).

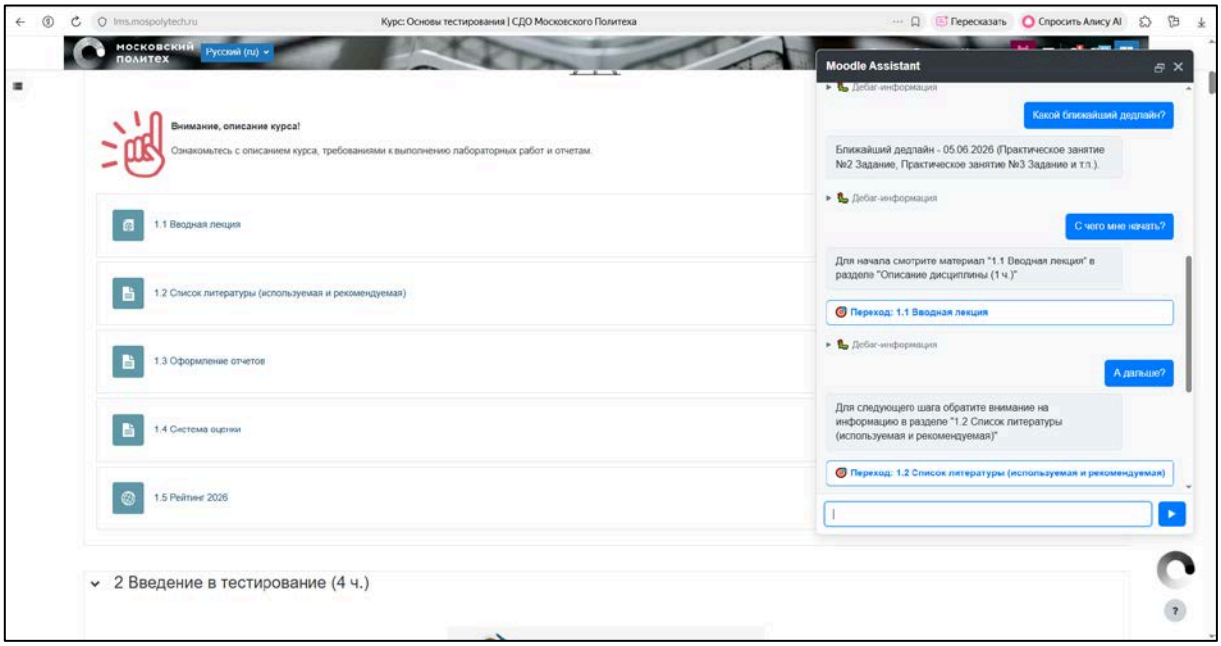


Рис. 5. Снимок экрана, содержащий пример помощи в навигации ассистентом

Также в системе реализована функция отслеживания сроков выполнения заданий. Пользователь получает информацию о дедлайнах, что позволяет своевременно выполнять учебные задачи и планировать работу.

Для иллюстрации экономической эффективности внедрения цифрового помощника проведем расчет на основе типового сценария использования системы в университете.

В качестве исходных данных, представленных в таблице 2, примем усредненные показатели работы студентов с образовательной платформой Moodle.

Таблица 2

Расчет экономического эффекта внедрения цифрового помощника

Показатель	Обозначение	Значение
Время выполнения задачи без помощника	T_1	10 мин
Время выполнения задачи с помощником	T_2	4 мин
Экономия времени	$T_1 - T_2$	6 мин (0,1 часа)
Средняя стоимость часа пользователя	C	300 руб./час
Количество пользователей	N	100 чел.
Экономия на одну операцию	–	30 руб.
Общий эффект за цикл	E	3000 руб.
Затраты на разработку	Z	50 000 руб.
Срок окупаемости	P	16,7 периода
Коэффициент эффективности	K_{eff}	2,5

На основании представленных расчетов можно сделать вывод, что внедрение цифрового помощника позволяет существенно сократить временные затраты пользователей и получить экономический эффект за счет повышения производительности образовательного процесса.

Экономия времени при выполнении типовых операций трансформируется в снижение транзакционных издержек, связанных с поиском информации и навигацией по образовательной платформе. При заданных параметрах срок окупаемости составляет около 17 периодов использования системы, что свидетельствует о целесообразности внедрения цифрового помощника в условиях университета. Дополнительно коэффициент повышения эффективности $K_{eff} = 2{,}5$ показывает, что время выполнения задач сокращается более чем в два раза, что подтверждает значительное улучшение взаимодействия пользователей с системой.

В контексте устойчивого развития внедрение цифрового помощника оказывает не только экономический, но и экологический эффект. Сокращение времени поиска информации и оптимизация взаимодействия пользователей с системой способствуют снижению использования бумажных материалов, уменьшению числа очных консультаций и более рациональному использованию цифровых ресурсов образовательной организации.

Заключение

Разработанный цифровой помощник «Moodle Assistant» подтвердил, что применение интеллектуальных инструментов упрощает взаимодействие с системой дистанционного обучения и сокращает временные затраты на выполнение типовых операций. Ключевым преимуществом решения является семантический поиск информации, повышающий удобство и понятность образовательной среды.

Основной результат работы заключается не только в создании действующего инструмента, но и в демонстрации подхода к оптимизации образовательных процессов через автоматизацию рутины и улучшение навигации, что снижает нагрузку на пользователей и упорядочивает обучение. Дополнительным достоинством выступает гибкость архитектуры: система адаптируется к различным LMS-платформам без значительных доработок. Использование векторных представлений данных открывает перспективы для расширения функционала, включая точный анализ запросов и персонализацию.

С позиций управления социально-экономическими системами внедрение подобных инструментов обеспечивает рациональное использование ресурсов (в первую очередь времени) и повышает управляемость образовательной среды, что особенно актуально в условиях цифровизации и информационной перегрузки. В дальнейшем развитие системы может быть связано с расширением ее функциональных возможностей, включая поддержку преподавателей, анализ учебной активности и персонализацию образовательных траекторий, что позволит усилить ее вклад в развитие цифровой образовательной среды [2].

Полученные результаты технико-экономической оценки подтверждают целесообразность внедрения цифрового помощника в образовательный процесс. Проведенные расчеты показали, что сокращение временных затрат пользователей приводит к снижению транзакционных издержек и формированию положительного экономического эффекта. При этом срок окупаемости решения находится в приемлемых пределах, что свидетельствует о его инвестиционной привлекательности.

С позиции экономики устойчивого развития предложенное решение способствует не только повышению эффективности управления образовательной подсистемой, но и рациональному использованию ресурсов. Дополнительным преимуществом является снижение экологической нагрузки за счет цифровизации образовательных процессов, включая сокращение использования бумажных материалов и оптимизацию взаимодействия участников образовательной среды.

Список литературы

1. Абалкин Л.И. Логика экономического роста. М.: Институт экономики РАН, 2002. 220 с.
2. Coase R.H. The Nature of the Firm // Economica. 1937. Vol. 4. No. 16. P. 386–405.
3. Williamson O.E. The Economic Institutions of Capitalism. New York: Free Press, 1985. 445p.
4. Porter M.E., Kramer M.R. Creating Shared Value // Harvard Business Review. 2011. Vol. 89. No. 1–2. P. 62–77.
5. Moodle Pty Ltd. Moodle: open-source learning platform // Moodle: официальный сайт. URL: https://moodle.org (дата обращения: 21.02.2026).
6. Ollama. Running large language models locally // Ollama: официальный сайт. URL: https://ollama.com (дата обращения: 11.03.2026).
7. Elkington J. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business. Oxford: Capstone, 1997. 402 p.

Исаева Н.А.
студент,
Научный руководитель: ***Тенищев А.В.***
к.э.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОИЗВОДНОЙ И ЭЛАСТИЧНОСТИ СПРОСА В АНАЛИЗЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗОК (НА ПРИМЕРЕ АВИАБИЛЕТОВ И РЖД)

Аннотация. Статья посвящена применению понятий производной и эластичности для анализа спроса в реальных экономических условиях. На примере двух видов транспортных услуг (авиаперевозки по маршруту Москва – Сочи и железнодорожные перевозки на поезде «Сура» Москва – Пенза). В статье демонстрируется методика расчёта ценовой эластичности спроса и интерпретации производной как показателя скорости изменения спроса при изменении цены. В работе показано, что в предпраздничные и выходные дни спрос на билеты может быть неэластичным ($|E|<1$) или даже положительным (рост цены ведёт к росту спроса), что объясняется поведенческими факторами (планирование отпуска, командировки, ажиотаж).

Ключевые слова: производная, эластичность спроса, авиаперевозки, железнодорожные перевозки, спрос, функция спроса.

Математика и экономика сегодня тесно переплетены. То, что раньше казалось областью чистой интуиции и опыта – ценообразование, прогнозирование спроса, оптимизация производства – теперь описывается точными формулами и моделями. И в основе большинства этих моделей лежат фундаментальные понятия математического анализа: функция, предел и производная.

Производная традиционно воспринимается как абстрактный математический инструмент. В физике она отвечает на понятный вопрос: с какой скоростью движется тело? В экономике её роль менее очевидна, но не менее важна. Здесь производная показывает, как быстро меняются экономические показатели – спрос, предложение, выручка, издержки – при изменении цены, объёма производства или других факторов.

Эта тема достаточно актуальна в данный момент, потому что в современной экономике решения всё реже принимаются интуитивно. Компании, банки, государственные структуры работают с огромными массивами данных, и умение анализировать эти данные становится критически важным. Производная позволяет не просто констатировать факты (спрос упал, выручка выросла), а понимать причинно-следственные связи: насколько сильно повлияло изменение цены, где находится предел, после которого дальнейшее повышение цены становится невыгодным. Кроме того, в эпоху цифровизации и автоматизации многие экономические процессы описываются математическими моделями, и без понимания основ анализа – предела и производной – невозможно ни построить такую модель, ни грамотно интерпретировать её результаты.

Понятие производной в экономике используется при упоминании эластичности спроса. Как известно, когда эластичность спроса по модулю меньше единицы ($|E|<1$) это значит, что спрос неэластичен (т.е. повышение цены на 1 % почти никак не повлияет на спрос). Если же эластичность спроса по модулю равна единице ($|E|=1$) (или единичная эластичность), то выручка почти не изменится, так как при повышении цены на 1 %, спрос снизится на 1 %, и наоборот, поэтому выручка меняться почти не будет. В случае если эластичность спроса по модулю больше единицы ($|E|>1$), тогда это означает, что повышение цены на 1 % ощутимо повлияет на спрос, спрос падает сильнее чем выросла цена.

Для понятия как именно используется производная и эластичность спроса в экономике, будет рассмотрен пример с анализом цен на авиаперевозки, поскольку эта услуга, которой пользуются большое количество людей.

Например, возьмем один из популярных рейсов «Москва – Сочи» (в одну сторону). Анализируя интернет-источники, осуществляющие продажу авиабилетов, в одном из них можно найти карту цен на билеты (рис.). Таким образом был составлен следующий график цен на рейс «Москва – Сочи», представленный на рисунке (информация о ценах актуальна на 19.03.2026).

Рис. Динамика цен

В качестве удобства, на выбранные дни были проанализированы билеты (учитывалась стоимость без багажа) и самолеты, на которых осуществляется авиаперевозка. Все данные были собраны в таблицу 1.

Таблица 1

Данные по авиаперевозкам

	День недели	Цена, руб	Вмести-мость самолета	Осталось билетов по этой цене	Самолет	Компания
Апрель	5 (вс)	5555	40	7	BBJ2 / Boeing 737-800	Победа
	7 (вт)	4055	40	нет информа-ции	BBJ2 / Boeing 737-800	Победа
	16 (чт)	6654	40	нет информа-ции	BBJ2 / Boeing 737-800	Победа
	24 (пт)	9190	40	2	BBJ2 / Boeing 737-800	Победа
	28 (вт)	6550	40	2	BBJ2 / Boeing 737-800	Победа
Май	01 (пт)	13094	40	4	BBJ2 / Boeing 737-800	Победа
	04 (пн)	6656	220	3	Airbus A321	Уральские авиалинии

В данном анализе были выбраны такие даты, в которых были заметны изменения цен на билеты. К сожалению, компании, осуществляющие авиаперевозки и интернет-источники не предоставляют информацию о том, сколько всего свободно мест в самолете на определенный день (эта информация помогла бы точно оценить эластичность спроса). Но есть информация о том, какое количество билетов можно приобрести по указанной цене. Например, сравнивая две пятницы 24 апреля и 1 мая, можно заметить самые высокие цены в рассматри-

ваемом периоде. Так, на 24 апреля при цене 9190 руб. оставалось всего 2 билета по этой цене, а на 1 мая при цене 13094 руб. осталось всего 4 билета по этой цене. Это говорит о высоком спросе перед выходными.

Так как точных данных о количестве проданных билетов нет, мы можем оценить эластичность примерно, предположив сколько всего было куплено билетов. Анализируя предвыходной день (пятницу), предположим, что при цене 9190 руб. было продано 38 билетов (при вместимости 40), а при цене 13094 руб. – 36, то тогда эластичность можно будет вычислить следующим образом:

$$Eq = \frac{\frac{Q2-Q1}{Q1}}{\frac{P2-P1}{P1}} = \frac{\frac{36-38}{38}}{\frac{13094-9190}{9190}} = \frac{-5{,}26\ \%}{42{,}48\ \%} = -0{,}13.$$

Таким образом, результат получился -0,13. Это говорит о неэластичном спросе (так как |E|<1), то есть в предвыходные дни, по пятницам, при изменении цены на 1 %, спрос почти не изменится, билеты все равно купят.

Например, используя данные P1 = 9190 и Q1 = 38, при увеличении цены на 1 %, получится:

9190 + 1 % (91,9) = 9281,9 руб

38 – 0,13 % = 37,95 (то есть вместо 38 человек билет купят 37,95, т.е. те же 38 человек)

Так и взяв P2 = 13094 и Q2 = 36, получится следующий результат:

13 091 + 1 % (130,91) = 13 222 руб.

36 – 0,13 % = 35,95 (результат тоже уменьшился на 0,05, но это те же 36 человек)

С точки зрения экономики такую низкую эластичность (–0,13) можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, рассматриваемые даты приходятся на конец апреля – начало мая, когда многие летят в отпуск или возвращаются с праздников. Спрос в такие периоды менее чувствителен к цене. Во-вторых, значительная часть пассажиров – командированные, чьи билеты оплачивает компания, поэтому они не реагируют на изменение цены. Таким образом, даже значительный рост цены не приводит к сильному падению спроса.

Посчитав эластичность, мы выяснили, как изменится спрос при изменении цены на 1 %, но если мы хотим узнать не в процентном соотношении, а в количестве пассажиров, которые не купят билет, то при выполнении этой задачи может помочь производная.

Итак, данные, которые уже имеются:

P1 = 9190, Q1 = 38

P2 = 13094, Q2 = 40

E = – 0.13

Поскольку точная функция спроса неизвестна, мы не можем вычислить производную аналитически. Однако, используя две точки, мы можем оценить среднюю скорость изменения спроса (этот вариант может подойти, так как производная показывает скорость изменения функции) на данном интервале:

$$Q'(P) = \frac{\Delta Q}{\Delta P} = \frac{-2}{3904} = -0{,}00051$$

При повышении цены на 1 рубль спрос падает примерно на 0,00051 «человека». Это довольно странный показатель, но так как билеты все равно будут куплены в любом случае, то и спрос не сильно будет реагировать на цену.

Для удобства умножим этот показатель на 2000 руб. Тогда получится следующий результат:

-0,00051 * 2000 = – 1,02

Зная приближённое значение производной, мы можем сказать, что при росте цены на 2000 руб. спрос снижается на одного пассажира. Это даёт компании ориентир при планировании цен.

Таким образом, проведя краткий анализ ценовой политики на авиаперевозки и проведя расчет эластичности спроса, были получены примерные результаты, которые показывают поведение спроса при изменении цены.

В случае наличия полных данных (например, количество проданных билетов при определенной цене, количество оставшихся билетов) можно будет посчитать статистику намного

точнее, что в свою очередь, может помочь компании при формировании и анализе новой ценовой политики.

В качестве еще одного примера можно рассмотреть РЖД перевозки, так как в данном случае данные о непроданных билетах находятся в открытом доступе. Был выбран рейс «Москва – Пенза», двухэтажный поезд 052, Фирменный «Сура», отправление 30 апреля (пятница), так как в этот день будет больше всего заметно изменение цен и спроса.

Для анализа были взяты верхние полки купейные вагоны класса «2Ф». В электронном источнике сайта «РЖД Пассажирам» на 19.03.2026 есть данные о том, что всего возможных мест на верхних полках для покупки в вагонах класса «2Ф» – 153 (в это число не включены билеты по тарифу «Невозвратный тариф», так как там действует отдельная скидка на покупку билетов). Всего куплено билетов – 114. Стоимость одного билета составляет 8214,20 руб.

Кроме того, на сайте «РЖД Пассажирам» есть статистика, в которой показаны сезонные изменения тарифов. Так как в данном примере рассматриваются купейные вагоны, то можем использовать статистику, представленную в таблице 2.

Таблица 2

Дифференцированные по календарным периодам индексы к уровню тарифов на перевозки пассажиров в поездах дальнего следования АО «ФПК» в 2026 году в вагонах СВ и купейных вагонах всех категорий поездов

Период индексации тарифов в 2026 году	Количество дней	Предлагаемые индексы изменения тарифов
1 января – 11 января	11	0,89 (-11 %)
12 января – 19 января	8	0,85 (-15 %)
20 января – 19 февраля	31	0,80 (-20 %)
20 февраля – 19 марта	28	0,90 (-10 %)
20 марта – 29 марта	10	1,02 (+2 %)
30 марта – 29 апреля	31	0,95 (-5 %)
30 апреля – 11 мая	12	1,15 (+15 %)
12 мая – 10 июня	30	1,11 (+11 %)
11 июня – 31 августа	82	1,20 (+20 %)
1 сентября – 17 сентября	17	1,15 (+15 %)
18 сентября – 22 октября	35	0,90 (-10 %)
23 октября – 4 ноября	13	0,97 (-3 %)
5 ноября – 24 декабря	50	0,85 (-15 %)
25 декабря – 31 декабря	7	1,01 (+1 %)
2026 год	365	1,00 (0 %)

По данным в таблице 2, в период с 30 марта по 29 апреля будет наблюдаться снижение цены, а с 30 апреля – рост. Однако реальная динамика изменения цен может отличаться по срокам. В частности, так как в данном примере был выбран рейс 30 апреля (предпраздничный день), можно предположить, что повышение цены будет раньше указанного периода.

Поэтому, попробуем найти примерную стоимость билета, например, 20.04 (так как будет повышаться цена, предполагаем, что цена увеличится на 13 %):

8214,20 + 13 % = 9282,05 руб. – примерно такая стоимость билета будет в середине апреля.

Для расчета эластичности еще необходимы данные о купленных билетах на другой рассматриваемый день. Предположим, что к 18.04.2026 будет куплено 135 мест.

Итак, имеющиеся данные:

- Рейс: «Москва – Пенза», поезд 052 «Сура»
- Дата: 30 апреля (пятница), предпраздничный день

- Класс: верхние полки купейного вагона, класса «2Ф»
- Всего мест для покупки: 153
- Куплено мест (Q1): 114
- Стоимость билета на 19.03.2026 (P1) – 8214,20
- Предполагаемый индекс изменения тарифов: 13 %
- Предполагаемая стоимость билета на 18.04.2026 (P2) = 9282,05 руб.
- Предполагаемое количество купленных билетов на 18.04.2026 (Q2) = 135.

$$Eq = \frac{\frac{Q2 - Q1}{Q1}}{\frac{P2 - P1}{P1}} = \frac{\frac{135 - 114}{114}}{\frac{9282{,}05 - 8214{,}20}{8214{,}20}} = \frac{18\,\%}{13\,\%} = 1{,}38$$

В данном примере эластичность получилась положительной, в отличии от примера с авиаперевозками, где эластичность была отрицательной, что означало снижение спроса.

Перед тем как подвести вывод полученных результатов, попробуем применить производную.

К сожалению, для нахождения производной от функции у нас нет самой функции, но мы можем найти среднюю скорость изменения:

$$Q'(P) = \frac{\Delta Q}{\Delta P} = \frac{135 - 114}{9282{,}05 - 8214{,}20} = 0{,}0197$$

То есть, при повышении цены на один рубль, спрос увеличивается на 0,0197 «человек». Попробуем умножить данное число на 1000.

0,0197 * 1000 = 19,7

При повышении цены на 1000 руб. увеличивается спрос почти на 20 человек.

Проанализировав расчеты, можно заметить следующую ситуацию: при повышении цены, спрос не уменьшается, а наоборот увеличивается. С точки зрения экономики – это явление можно объяснить следующим образом: 30 апреля – это предпраздничный день, в данном случае это фактор, который не окажет негативного влияния на спрос при повышении цены, так как люди готовы покупать билеты даже по высокой цене, потому что поездка планируется заранее и праздничных выходных в году не так много. Если бы мы рассматривали период после праздников, эластичность, скорее всего, была бы отрицательной – спрос упал бы при росте цены.

В ходе работы были рассмотрены два примера из реальной экономики – авиаперевозки и железнодорожные перевозки. В первом примере (авиаперевозки) спрос оказался неэластичным: пассажиры продолжают покупать билеты даже при росте цен. Во втором примере (РЖД) в предпраздничный день спрос увеличивается при повышении цены. Это можно объяснить ажиотажем: люди стремятся купить билеты на поезд быстрее, опасаясь ещё большего роста цен. Однако, скорее всего они купят билет в любом случае – просто раньше или позже.

Таким образом, оба примера показывают, что эластичность и производная позволяют не только описывать, но и объяснять поведение спроса, а также дают компаниям инструмент для прогнозирования и ценовой политики.

Список литературы

1. Производные: учимся измерять скорость изменения функции // Skillbox Media URL: https://skillbox.ru/media/code/proizvodnye-dlya-chaynikov-uchimsya-izmeryat-skorost-izmeneniya-funkcii/

2. Высшая математика для экономического бакалавриата: учебник и практикум / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, И. М. Тришин, М. Н. Фридман; под ред. Н. Ш. Кремера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2012. – 909 с. Серия: Бакалавр. Углубленный курс.

3. Что такое эластичность спроса и предложения // Т-Бизнес URL: https://t-j.ru/elastichnost/?utm_referrer=https %3A %2F %2Fyandex.ru %2F

4. Сезонные изменения тарифов // РЖД Пассажирам URL: https://www.rzd.ru/ru/9329/page/103290?id=21273&ysclid=mmxbwg8df2689354131

5. Сервис покупки билетов // РЖД Пассажирам URL: https://ticket.rzd.ru/booking/rail; route=052/seats
6. Невозвратные тарифы // РЖД Пассажирам URL: https://www.rzd.ru/ru/9332?ysclid=mmxbltqe4k447586176
7. Динамическое ценообразование // РЖД Пассажирам URL: https://www.rzd.ru/ru/9330
8. Сервис покупки авиабилетов // Авиасейлс URL: https://www.aviasales.ru/?marker=15468.ydof241343907875&etext=2202.B0SqjQfrBC4yaffUV-1wVIzvaqrnA75Pcdkuw134azlmZGJwZ2p6bmhwbWRkZWtw.efdff4fcb02fdffbce41ea53ad6d5ea643d6a00e&yclid=10070045215665946623

Фомин В.В.
студент,
Научный руководитель: ***Красникова И.Н.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ ИНТЕГРАЦИИ ФЕРМЕРОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РАМКАХ МЕЖГОСУДАРСТВЕННОГО СОТРУДНИЧЕСТВА СТРАН БРИКС

Аннотация. В статье рассматривается разработка цифровой платформы, обеспечивающей прямое взаимодействие фермеров и потребителей. Платформа интегрирует геоинформационные технологии (кластеризация HDBSCAN, расчёт расстояний по формуле гаверсинуса), нейросетевые методы распознавания сортов и степени зрелости плодов (ResNet18). Предложенная архитектура ориентирована на масштабирование в страны БРИКС.

Ключевые слова: цифровая платформа; агропромышленная интеграция; страны БРИКС; продовольственная безопасность; нейросетевое распознавание; алгоритмы ранжирования.

Введение

В условиях глобализации и развития цифровой экономики возрастает необходимость интеграции агропромышленных рынков различных стран, в том числе стран БРИКС. Одним из приоритетных направлений развития экономики стран БРИКС является продовольственная безопасность. Данная система позволяет фермерам продавать излишки продукции и обеспечивать покупателей доступом к качественному и безопасному продовольствию.

Практическим результатом работы является функционирующая цифровая платформа, включающая мобильное приложение с функцией автоматического определения сорта и спелости плодов по фотографии, веб-приложение для покупателей и фермеров с возможностью просмотра товаров на карте, участия в аукционах.

Цель работы – разработка цифровой платформы, объединяющей фермеров и потребителей стран БРИКС на основе современных ИТ-решений, включая нейросетевое распознавание, геоинформационные алгоритмы.

Задачи:

• создать подсистему для отображения фермерских участков и продукции;

• разработать алгоритмы ранжирования (индивидуальных рекомендаций) для участков и продуктов по географическому принципу;

• обеспечить интеграцию мобильного приложения с нейросетевыми технологиями;

• разработать архитектуру цифровой платформы;

• реализовать серверную часть;

• разработать пользовательский интерфейс.

Методы и алгоритмы

1. Географическая модель

Географическая модель. Расстояние между точками определяется по формуле гаверсинуса:

$$d = 2R \cdot \arcsin\left(\sqrt{sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right)} + cos\varphi_1 cos\varphi_2 sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)\right) \quad (1)$$

где:

R = 6371 км – радиус Земли.

$\Delta\varphi = (lat2 - lat1) \cdot \frac{\pi}{180}$.

$\Delta\lambda = (lng2 - lng1) \cdot \frac{\pi}{180}$.

lat1, lng1 – координаты пользователя (в радианах).

lat2, lng2 – координаты участка (в радианах).

2. Кластеризация и ранжирование

2.1. Кластеризация

Для группировки участков фермеров по географическому признаку используется адаптация HDBSCAN. Вычисляется зазор между соседними точками по формуле (2).

$$gaps_i = d_{(i+1)} - d_{(i)}, \mathrm{i} = 1, 2, \dots, \mathrm{n} - 1 \quad (2)$$

где:

$d_{(i)}$ *– расстояние до i-го участка в отсортированном списке.*

$gaps_i$ *– разница расстояний между i-м и (i + 1)-м участком в отсортированном списке.*

Определение медианы зазоров выполнено по формуле (3).

$$medianGap = \text{медиана}(gaps_1 - gaps_2, \dots, gaps_{\mathrm{n}-1} \quad (3)$$

Определение порога кластеризации строится по формуле ниже.

$$\text{threshold} = \text{medianGap} \times \text{gapMultiplier}$$

где:

$medianGap$ *– медиана зазоров между соседними участками (км).*

$gapMultiplier$ *– множитель, определяющий "чувствительность" кластеризации.*

$threshold$ *– пороговое значение: если зазор между соседними участками превышает этот порог, они попадают в разные кластеры*

Формирование кластера выстроено следующим образом:

1. Сортируем участки по возрастанию расстояния: $d_{(1)} \leq d_{(2)} \leq \dots \leq d_{(n)}$.
2. Начинаем первый кластер с самого близкого участка $d_{(1)}$.
3. Для каждого следующего участка $d_{(i)}$, где *i = 2, 3,..., n:*

• вычисляем зазор: $gap = d_{(i)} - d_{(i-1)}$;

• если $gap \leq threshold$, то добавляем участок в текущий кластер;

• иначе завершаем текущий кластер и начинаем новый с участка $d_{(i)}$.

4. После прохода всех участков, последний кластер добавляется в результат.

2.2. Нормализация параметров для ранжирования фермерских участков.
Для нормализации используется характеристическое расстояние формулы (4, 5, 6).

$$geoMean = exp\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} ln(d_i + 1)\right) \tag{4}$$

$$median = \text{медиана}(d_{1,}d_2, \dots, d_n) \tag{5}$$

$$d_{char} = \frac{geoMean + median}{2} \tag{6}$$

где:

d_i – *расстояние до i-го участка (км).*
n – *количество участков после фильтрации.*
ln – *натуральный логарифм.*
exp – *экспонента.*
$geoMean$ – *среднее геометрическое расстояний.*
$median$ – *медиана расстояний.*
d_{char} – *характеристическое расстояние для нормализации*

Нормализация расстояния (степенная функция) представлена ниже (7).

$$N_d = \frac{1}{\left(1+\frac{d}{d_{char}}\right)^{a}} \tag{7}$$

где:

d – *расстояние до участка (км).*
d_{char} – *характеристическое расстояние.*
α = показатель степени.
N_d – *нормализованное расстояние в диапазоне (0, 1].*

Нормализация рейтинга с учетом расстояния представлена на формулах 8, 9, 10.

$$r = \frac{rating}{5} \tag{8}$$

$$sig = 1 - exp\left(-\frac{\lambda \cdot \mathrm{d}}{d_{char}}\right), \lambda = 0.3 \tag{9}$$

$$N_r = r \cdot \mathrm{sig} + 1 \cdot (1 - \mathrm{sig}) \tag{10}$$

где:

$rating$ – *рейтинг фермера (0–5).*
r – *нормализованный рейтинг (0–1).*
λ = 0.3 – параметр затухания.
sig – *значимость рейтинга.*
N_r– *нормализованная оценка рейтинга.*

Нормализация подписки представлена в формуле 11.

$$N_s = \mathrm{subscriptionScore} \cdot \exp\left(-\frac{\mathrm{d}}{d_{char}}\right) \tag{11}$$

где:

$subscriptionScore$ – *0 или 1 (наличие подписки)*

$exp\left(-\frac{d}{d_{char}}\right)$ – *экспоненциальное затухание*
N_s – *нормализованная подписка в диапазоне [0, 1]*

Для расчета энтропии используется формула 12.

$$H = -\sum_{p_i} p_i \cdot \log2\,(p_i) \tag{12}$$

где:

p_i– *вероятность попадания в i-й интервал.*
Суммирование только по интервалам с $p_i > 0$.
H – *энтропия Шеннона, мера разнообразия данных.*

Энтропийные веса имеют общий вид представленный на формулах 13, 14, 15.

$$w_{dist} = \frac{H_{dist}}{H_{dist}+H_{rating}+H_{sub}} \tag{13}$$

$$w_{dist} = \frac{H_{dist}}{H_{dist} + H_{rating} + H_{sub}} \tag{14}$$

$$w_{dist} = \frac{H_{dist}}{H_{dist} + H_{rating} + H_{sub}} \tag{15}$$

где:

H_{dist}– *энтропия расстояний.*
H_{rating}– *энтропия рейтингов фермеров.*
H_{sub}– *энтропия подписок (бинарный параметр).*

Для ранжирования участка применяется формула 16.

$$score_{place} = 100 \cdot \left(w_{dist} \cdot N_d + w_{rating} \cdot N_r + w_{sub} \cdot N_s\right) \tag{16}$$

где:

w_{dist}, w_{rating}, w_{sub}– *энтропийные веса.*
N_d, N_r, N_s– *нормализованные значения параметров.*

3. Нейросетевое распознавание продукции

Для определения сорта и степени зрелости плодов использована свёрточная нейронная сеть ResNet18, обученная на датасете из 3000 изображений (6 культур, 4 степени зрелости). Точность на тестовой выборке: 89 %. Модель сконвертирована в ONNX и интегрирована в мобильное приложение через ONNX Runtime. На рисунке 1 представлена схема нейронной схемы.

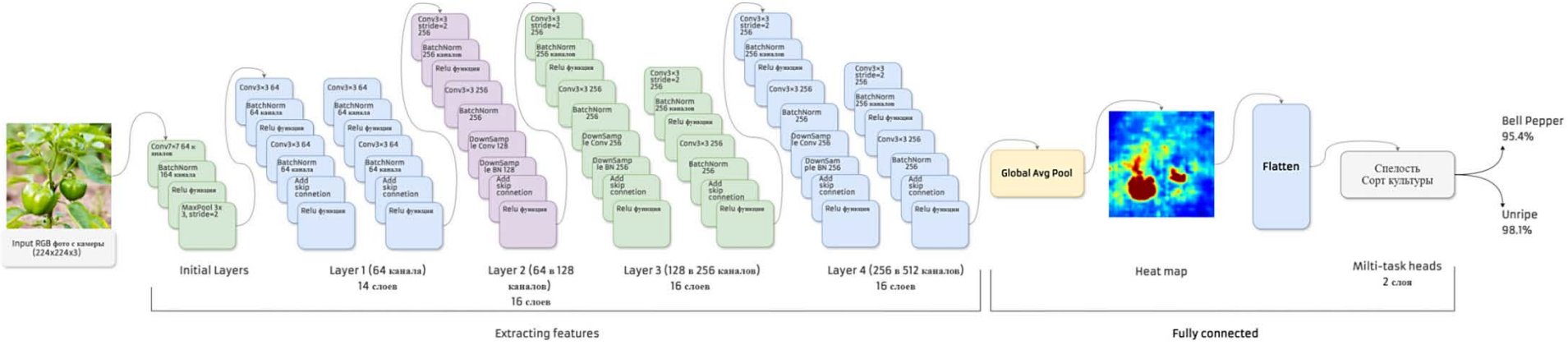


Рис. 1. Схема нейронной сети

Результаты

Разработанная платформа предоставляет следующий функционал. Для фермеров: регистрация участков (по кадастровому номеру), добавление товаров через фото с автоматическим распознаванием, участие в аукционах, просмотр заказов. Для покупателей представлена интерактивная карта с кластеризацией фермеров, ранжированный список товаров, избранное, подписки, создание запросов на продукцию фермеров.

Программно-архитектурная схема системы представлена на рисунке 2.

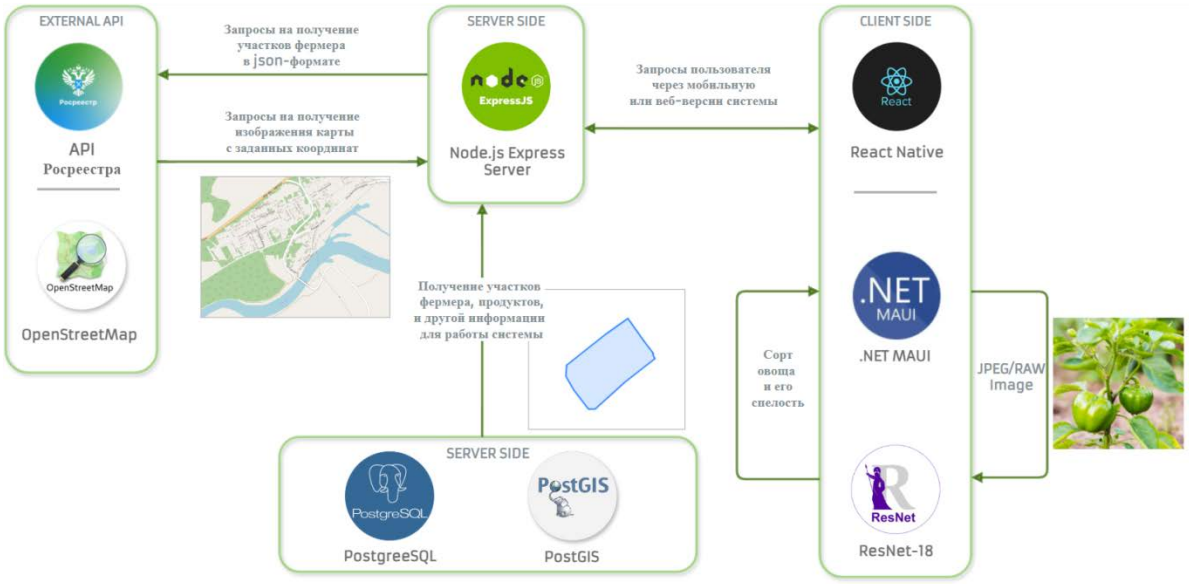


Рис. 2. Программно-архитектурная схема

Заключение

В работе представлена цифровая платформа, обеспечивающая прямую интеграцию фермеров и потребителей в рамках сотрудничества стран БРИКС. Реализованы ключевые алгоритмы геокластеризации, адаптивного ранжирования, нейросетевого распознавания культуры.

Список литературы

1. HDBSCAN: How HDBSCAN Works [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://hdbscan.readthedocs.io/en/latest/how_hdbscan_works.html (дата обращения: 05.03.2026).

2. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition // 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 770–778.

3. PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.postgresql.org/docs/ (дата обращения: 01.03.2026).

4. PyTorch: torchvision.models.resnet18 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://docs.pytorch.org/vision/main/models/generated/torchvision.models.resnet18.html (дата обращения: 10.03.2026).

5. Shannon C. E. A mathematical theory of communication // Bell System Technical Journal. – 1948.–Vol.27, No.3.–P.379–423. – Режим доступа: https://ieeexplore.ieee.org/document/9834781 (дата обращения: 01.03.2026).

6. TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.tensorflow.org (дата обращения: 10.03.2026).

7. Yang J., Xing S., Qiu R., Chen Y., Hua C., Dong D. Decision-Making Based on Improved Entropy Weighting Method: An Example of Passenger Comfort in a Smart Cockpit of a Car // Mathematical Problems in Engineering. – 2022. – Article ID 6846696. – Режим доступа: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2022/6846696 (дата обращения: 01.03.2026).

Секция
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ОСНОВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЛИДЕРСТВА

Ильченко И.Д.
студент
ilya_ilchenko_2014@mail.ru
Научный руководитель: ***Панова Н.А.***
к.э.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДБОРА КАНДИДАТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ВИЗУАЛЬНЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В СОЦИАЛЬНЫХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СЕРВИСАХ

Аннотация. Рассматривается подход к интеллектуальному подбору кандидатов на основе анализа визуальных предпочтений пользователя. Актуальность обусловлена тем, что традиционные механизмы персонализации цифровых сервисов ограничиваются анкетными данными и фильтрами, игнорируя визуальные признаки. Цель работы, изучить возможности использования визуальной информации как самостоятельного источника данных. Применены анализ литературы, сравнение сервисов, опрос 106 пользователей и эксперимент на модели CLIP. Результаты подтверждают значимость визуального фактора и эффективность предложенного подхода.

Ключевые слова: интеллектуальная персонализация; сервисы знакомств; анализ изображений; визуальные предпочтения; рекомендательные системы; CLIP; подбор кандидатов.

Введение

Цифровые сервисы подбора, от приложений знакомств до профессиональных платформ сетевого нетворкинга, активно используют персонализацию как инструмент повышения качества пользовательского взаимодействия и эффективности поиска. Однако рекомендации по-прежнему строятся преимущественно на анкетных данных, фильтрах и общих поведенческих сигналах, тогда как визуальные предпочтения пользователя мало учитываются и редко рассматриваются как самостоятельный источник данных. Вместе с тем именно визуальная информация влияет на первичную оценку профиля и дальнейшее решение о взаимодействии: в условиях ограниченного времени просмотра анкеты пользователь в первую очередь опирается на зрительное впечатление от фотографии. Это делает исследование интеллектуального подбора на основе анализа визуальных предпочтений актуальным как в научном, так и в прикладном плане.

По данным SSRS (2026), 37 % взрослых жителей США пользовались сервисами знакомств, среди 18–29 лет, 51 % [9]; по данным ВЦИОМ (2024), 24 % россиян имеют опыт онлайн-знакомств, среди молодежи 24–32 лет, 50 % [3]. При этом большинство сервисов по-прежнему опирается на анкеты и фильтры; отдельные решения учитывают психологическую совместимость или общие интересы [3, 4, 10], но визуальное впечатление, решающее в первые секунды контакта, остается вне фокуса рекомендательных механизмов.

Цель исследования – изучить подход к интеллектуальному подбору кандидатов на основе анализа визуальных предпочтений пользователя и определить перспективы его приме-

нения в социальных и профессиональных сервисах. Для достижения цели были поставлены задачи: проанализировать научную литературу о роли визуальной информации в восприятии человека, сопоставить подходы к персонализации в крупнейших сервисах знакомств, провести опрос пользователей и реализовать прототип системы рекомендаций на основе современных моделей компьютерного зрения. Эмпирической основой работы стали авторский опрос 106 респондентов и практический эксперимент с шестью участниками на реализованной системе.

Интеллектуальная персонализация в цифровых сервисах подбора

Рекомендательные системы считаются базовым инструментом онлайн-сервисов: при переизбытке информации пользователь перегружается нерелевантными вариантами, если алгоритм не отделяет значимое от случайного [5]. В сервисах подбора ошибка алгоритма воспринимается особенно остро, как потеря внимания и времени пользователя.

Персонализация в сервисах знакомств строится на анкетных данных (возраст, пол, цели, интересы), пользовательских фильтрах и поведенческих сигналах (лайки, дизлайки, длительность просмотра профиля). Такая модель предпочтений остается неполной, поскольку не фиксирует реакцию пользователя на визуальный образ кандидата, прежде всего на лицо. В результате система продолжает предлагать формально подходящие профили, которые пользователь пропускает, не читая описания: решение принимается практически мгновенно, по внешности, а не по совокупности анкетных признаков.

Крупнейшие сервисы развивают персонализацию по-разному: Hinge формирует подборку «Most Compatible» с учетом взаимных ограничений поиска и паттернов симпатий [12]; Bumble в «Discover» показывает пользователей со схожими интересами и целями [11]; Tinder через «Photo Insights» извлекает теги из фото и использует их при подборе [7]. Визуальные данные применяются преимущественно как косвенный признак, для определения тематики профиля, но не как самостоятельное ядро модели визуальных предпочтений. Таким образом, подход на основе анализа визуальных предпочтений приближает алгоритмы к реальному механизму выбора и заслуживает отдельного места в рекомендательной системе.

Визуальная информация как фактор первичного выбора

Ни анкетные параметры, ни история реакций не раскрывают, какой тип внешности вызывает у пользователя устойчивую симпатию. Между тем именно предпочтения во внешности срабатывают раньше текстовой информации. По данным J. Willis и A. Todorov, 100 мс достаточно для формирования впечатления о человеке по лицу; при увеличении времени просмотра оценка в основном лишь усиливается [13]. Для сервисов знакомств это особенно значимо: интерфейс построен вокруг быстрого первичного выбора, и решение принимается почти мгновенно.

Исследование J. Witmer, H. Rosenbusch и E.O. Meral, проведенное на 5340 решениях 445 пользователей, показало, что рост физической привлекательности на одно стандартное отклонение увеличивает вероятность положительного выбора примерно на 20 %, тогда как сопоставимый прирост интеллекта дает эффект около 2 % [14]. В работе Ю.А. Анташко на выборке 400 московских студентов выделен фактор «общая привлекательность и открытость», устойчиво проявляющийся в образе идеального партнера [1]. В.А. Барабанщиков и Д.А. Дивеев показали, что контур лица определяет оценку индивидуально-психологических особенностей, а наиболее чувствителен к морфотипу именно фактор привлекательности и симпатии [2].

Таким образом, в онлайн-знакомствах внешность выполняет функцию первичного фильтра: по мере знакомства растет роль содержания профиля, однако визуальный образ становится «порогом», определяющим, будет ли вообще изучена анкета. Учет визуальных предпочтений дополняет традиционные механизмы тем уровнем, который наиболее заметен в первые секунды первичного отбора.

Материалы, методы и данные исследования

Эмпирическую основу исследования составил авторский онлайн-опрос, проведенный с декабря 2025 по март 2026 года; в нем приняли участие 106 человек (53 мужчины и 53 женщины, преимущественно 18–24 лет); опыт использования сервисов знакомств имели 77 респондентов. Методически работа опирается на анализ научной литературы, сравнительный обзор сервисов знакомств и обработку данных авторского опроса, а также на практический эксперимент по оценке работы прототипа системы подбора. Анкета включала блоки вопро-

сов о демографических характеристиках респондентов, опыте использования сервисов, целях знакомств, критериях первичной оценки анкет и отношении к идее интеллектуального подбора по визуальным предпочтениям.

Результаты авторского опроса

Из 106 участников 77 человек (72,6 %) указали, что пользуются сервисами знакомств сейчас или пользовались ранее. Общая структура выборки представлена в табл. 1.

Таблица 1

Общая характеристика выборки

Показатель	Число респондентов	Доля, %
Всего участников опроса	106	100,0
Мужчины	53	50,0
Женщины	53	50,0
До 18 лет	6	5,7
18–24 года	98	92,5
24–30 лет	2	1,9
Имеют опыт использования сервисов знакомств	77	72,6
Не пользовались сервисами знакомств	29	27,4

Среди целей использования сервисов знакомств (вопрос допускал несколько вариантов, n = 76) лидируют поиск отношений, 49 упоминаний (64,5 %), интерес к формату знакомств, 46 (60,5 %), общение, 41 (53,9 %) и дружба, 21 (27,6 %). Наиболее значимым стал вопрос о главном критерии первичной оценки анкеты (табл. 2).

Таблица 2

Главный критерий первичной оценки анкеты (n = 76)

Критерий	Число ответов	Доля, %
Внешность человека	32	42,1
Описание профиля	15	19,7
Интересы и хобби	14	18,4
Качество и стиль фотографий	7	9,2
Цели знакомства	3	3,9
Индивидуальные развернутые ответы	5	6,6

Внешность человека стала наиболее частым единичным критерием первичной оценки анкеты (42,1 %); далее следуют описание профиля (19,7 %) и интересы (18,4 %). Из 85 ответивших на вопрос о формате подбора 58,8 % выбрали автоматическую подборку на основе лайков и дизлайков, 41,2 %, самостоятельную настройку критериев внешности. Идею приложения, подбирающего анкеты по визуальным предпочтениям, из 89 ответивших 52,8 % сочли очень интересной, 37,1 %, нейтральной, 10,1 %, скептической; из 91 ответившего 70,3 % выразили готовность пользоваться таким сервисом. Отрицательные ответы в основном связаны с предпочтением офлайн-знакомств, недоверием к цифровым знакомствам в целом и с несогласием с приоритетом внешности как критерия. Полученные данные подтверждают, что визуальный облик значимо влияет на первичный отбор, а сама идея интеллектуального подбора воспринимается большинством положительно.

Подход к интеллектуальному подбору на основе визуальных предпочтений

В основе подхода лежит работа с векторными представлениями изображений: фотография анкеты переводится в компактное числовое описание, что позволяет сопоставлять профили по степени визуальной близости. Для решения задачи выбрана открытая мультимодальная модель CLIP, обученная сопоставлять изображения и текст в общем пространстве признаков на 400 млн пар «изображение, текст» [6, 8]. Модель выделяет не только отдельные детали, но и целостный визуальный образ, и может применяться локально.

Пользовательские реакции интерпретируются следующим образом: лайк фиксирует положительную реакцию на внешность, дизлайк, отрицательную. По мере накопления оценок из них формируется профиль визуальных предпочтений, «эталон», с которым сравнива-

ются новые анкеты. Каждая новая оценка влияет на последующую рекомендацию, что принципиально отличает этот подход от обычного просмотра анкет. Использование мультимодальной модели позволяет учитывать совокупность визуальных признаков, от типа внешности до общего стиля фотографии, а локальное применение модели снимает вопросы приватности и позволяет интегрировать подход как в мобильные приложения, так и в профессиональные сервисы подбора.

Экспериментальная проверка подхода

Цель эксперимента, проверить, повышается ли качество подбора анкет по мере накопления пользовательских оценок, и может ли CLIP служить основой персонализированных рекомендаций. Был реализован интерфейс с кнопками «лайк» и «дизлайк», подключена база из около 4000 реальных фото девушек 18–22 лет, снятых в неидеальных условиях. Каждое изображение предварительно обрабатывалось: выделялась область лица, остальное пространство исключалось из анализа для снижения влияния фона и сосредоточения сравнения на визуальных признаках человека.

В эксперименте участвовали 6 мужчин 20–22 лет с опытом использования сервисов знакомств; им предлагалось оценить фотографии исключительно по внешности. Каждому предоставлялось от 210 до 400 фото, для сравнения использовались первые 200–220 показов. На старте всем показывали 12 одинаковых фото, между которыми шли случайные изображения, для уравнивания условий; после этого подбор шел на основе индивидуально формируемого вектора, обновляемого в реальном времени. Результаты оценивания 220 анкет были разбиты на 11 групп по 20 оценок («бакетов»). На рис. 1 показана индивидуальная динамика доли лайков по 6 респондентам, на рис. 2 − усредненная динамика лайков и дизлайков.

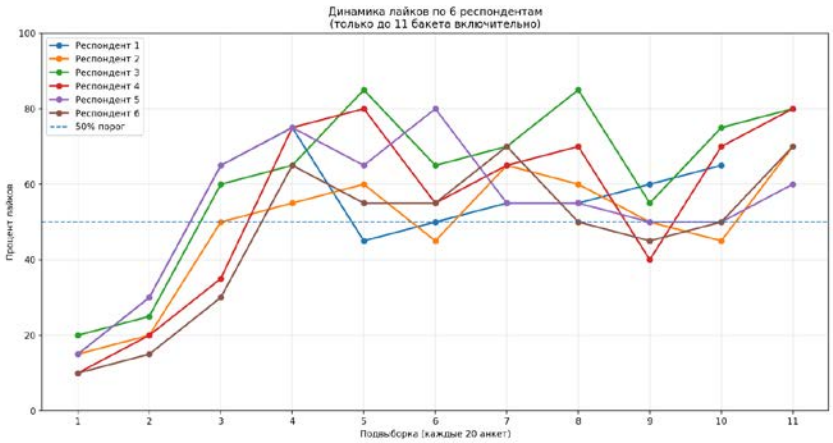


Рис. 1. Динамика лайков по 6 респондентам

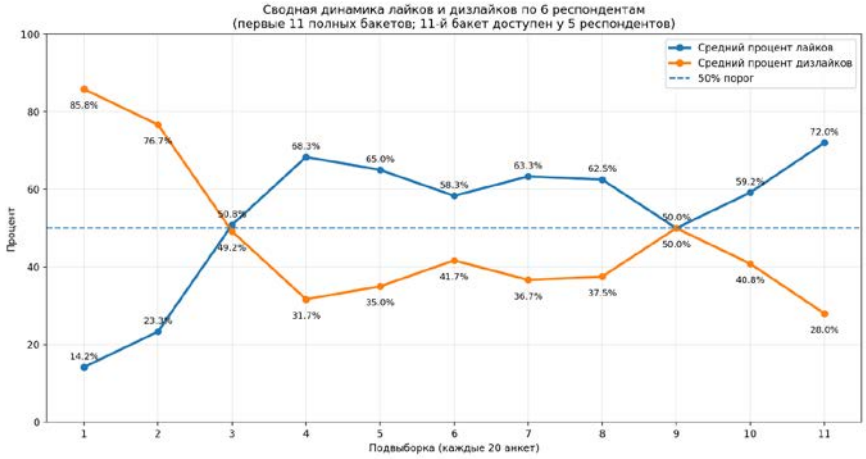


Рис. 2. Сводная динамика лайков и дизлайков по 6 респондентам

На рис. 1 видно, что после ~60 оцененных анкет количество положительных реакций заметно возрастает: к 80 оценкам у всех респондентов доля лайков в группе превышает 50 %. У половины участников положительные оценки сохраняют преимущество и далее; локальное снижение в 9-й группе у 5 из 6 респондентов требует дополнительной проверки на более широкой выборке.

На рис. 2 видно, что, преодолев порог ~60 оценок, доля дизлайков стабильно снижается; доля лайков после этого держится в диапазоне около 60 %. С учетом субъективности оценки внешности показатель устойчиво выше 50 % (в среднем ~60 %) подтверждает эффективность подхода и возможность его практического применения. Таким образом, для выявления устойчивого вектора визуальных предпочтений пользователю требуется в среднем около 60 первичных оценок, после чего качество подбора заметно повышается и выходит на более стабильный уровень. Полученный результат согласуется с теоретическими положениями о скорости формирования визуального впечатления и демонстрирует, что алгоритмический подбор способен отражать индивидуальные предпочтения пользователя при относительно небольшом объеме обучающих данных.

Заключение

Проведенное исследование подтвердило, что визуальный фактор играет ведущую роль при первичном выборе кандидата в сервисах знакомств: пользователь сначала реагирует на внешность и лишь затем обращается к содержанию анкеты. Анализ литературы показал, что первое впечатление формируется за доли секунды и значимо влияет на вероятность положительного выбора. Авторский опрос подтвердил это на реальных пользователях: внешность стала наиболее частым единичным критерием, а идея интеллектуального подбора на основе визуальных предпочтений воспринята подавляющим большинством положительно. Эксперимент показал, что с ростом числа пользовательских оценок качество рекомендаций повышается, а после ~60 реакций проявляется устойчивая положительная динамика. Анализ визуальных предпочтений может рассматриваться как перспективное направление развития интеллектуальной персонализации в цифровых сервисах подбора: он не заменяет традиционные способы, а дополняет их на критически важном этапе первичного выбора.

Список литературы

1. Анташко Ю.А. Факторы, определяющие образ идеального романтического партнёра у московских студентов // Социальная психология и общество. 2012. Т. 3. № 4. С. 116–121.

2. Барабанщиков В.А., Дивеев Д.А. Роль контура лица в восприятии индивидуально-психологических особенностей человека // Экспериментальная психология. 2009. Т. 2. № 3. С. 47–66.

3. Онлайн-знакомства, или Романтика в цифровую эпоху // ВЦИОМ. 2024. 11 сентября. URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/onlain-znakomstva-ili-romantika-v-cifrovuju-ehpokhu (дата обращения: 30.03.2026).

4. О нас // F Date&Eat: сайт. URL: https://f-date.ru/about (дата обращения: 30.03.2026).

5. Campana M.G., Delmastro F. Recommender Systems for Online and Mobile Social Networks: A Survey // Online Social Networks and Media. 2017. Vol. 3–4. P. 75–97. DOI: 10.1016/j.osnem.2017.10.005.

6. CLIP: Connecting Text and Images // OpenAI: сайт. URL: https://openai.com/index/clip/ (дата обращения: 30.03.2026).

7. Photo Insights and Tagging // Tinder Help Center: сайт. URL: https://www.help.tinder.com/hc/en-us/articles/30753423412621-Photo-insight-and-tagging (дата обращения: 30.03.2026).

8. Radford A., Kim J.W., Hallacy C. Learning Transferable Visual Models from Natural Language Supervision // arXiv. 2021. arXiv:2103.00020.

9. The Public and Online Dating 2026 // SSRS. 2026. 2 Feb. URL: https://ssrs.com/insights/online-dating-2026/ (дата обращения: 30.03.2026).

10. Twinby // Google Play: сайт. URL: https://play.google.com/store/apps/details?hl=ru&id=com.twinby (дата обращения: 30.03.2026).

11. Using the Discover tab // Bumble Support: сайт. URL: https://support.bumble.com/hc/ articles/28423668110621-Using-the-Discover-tab (дата обращения: 30.03.2026).

12. What is Most Compatible? // Hinge Help Center: сайт. URL: https://help.hinge.co/hc/en-us/articles/360011233073-What-is-Most-Compatible (дата обращения: 30.03.2026).

13. Willis J., Todorov A. First Impressions: Making Up Your Mind After a 100-ms Exposure to a Face // Psychological Science. 2006. Vol. 17. No. 7. P. 592–598. DOI: 10.1111/j.1467-9280.2006.01750.x.

14. Witmer J., Rosenbusch H., Meral E.O. The Relative Importance of Looks, Height, Job, Bio, Intelligence, and Homophily in Online Dating: A Conjoint Analysis // Computers in Human Behavior Reports. 2025. Vol. 17. Article 100579. DOI: 10.1016/j.chbr.2024.100579.

Хитров Я.И., Сорока В.В.
студенты,
yakov_pubq@mail.ru, vadim.sorokaa@yandex.ru
Научный руководитель: ***Мозголов М.В.***
к.т.н., доцент,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна

О МОДЕЛЯХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА SCAD РАСЧЕТА СОТОВЫХ КЕССОННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Аннотация. При выполнении расчетов, основанных на методе конечных элементов, для обоснования правильности полученных данных необходимо выполнять верификацию и валидацию компьютерных моделей. В статье рассматриваются три модели железобетонного сотового перекрытия: стержневая, оболочечно-стержневая и плитно-стержневая. Сравниваются изгибающие моменты в балках и прогибы конструкции. Усилия в плитно-стержневой модели меньше, чем в стержневой в 1,2 раза, прогиб увеличен в 2,3 раза. Оболочечно-стержневая компьютерная модель показала хорошую сходимость результатов при сравнении со стержневой моделью.

Ключевые слова: кессонные перекрытия; конечно-элементная модель; сходимость результата; верификация; пространственная работа конструкции; изгибающие моменты.

Введение

В соответствии с современными требованиями градостроительного законодательства для ряда объектов капитального строительства инженеры обязаны выполнять проекты в виде цифровой информационной модели. Для инженеров-конструкторов это означает, что прочностной анализ конструкций будет осуществляться в вычислительных комплексах, основанных на методе конечных элементов (МКЭ) [2,8,9]. Как известно, с математической точки зрения МКЭ точным методом расчета не является, поэтому, при выполнении расчетов несущих строительных систем ГОСТ Р 57700.10-2018 требует выполнять верификацию и валидацию компьютерных моделей, производить инженерную оценку полученных данных опытными специалистами. Даже статический анализ строительной конструкции при помощи одной модели полностью выполнить невозможно. Например, модели изучения потери устойчивости (ПУ) конструкции должны состоять из бо'льшего количества конечных элементов (КЭ), по сравнению с обычными расчетными схемами строительной механики, так как необходимо выявить различные формы ПУ несущей системы. При выполнении технического обследования строительных конструкций, необходимо учитывать повреждения элементов. Такие модели будут состоять из плоских или объемных КЭ, их сочетаний.

Одним из непростых вопросов при проектировании железобетонных конструкций является обеспечение трещиностойкости и жесткости. Для решения данной задачи применяет-

ся предварительное напряжение, снижение собственного веса, переход от балочных к пространственным системам. В качестве облегчения конструкций в монолитных перекрытиях получили распространение следующие опалубочные системы: SKYRAIL, AIRPLAST, SKYDOME, NUOVO NAUTILUS EVO, U-Boot Beton, Bubble deck, Simkar, Cobiax [1,10].

Геометрия строительных конструкций может быть основана на принципах архитектурно-строительной бионики. Одной из известных таких конструкций является железобетонное ребристое покрытие шерстопрядильной фабрики «Гатти» в Риме, спроектированное выдающимся итальянским инженером, «поэтом железобетона» Пьером Луиджи Нерви. Ребра, усиливающие плиту снизу, располагаются вдоль линий действия главных растягивающих напряжений, наподобие нервюр водяного цветка Виктории регии. Пустотообразователи ребристых кессонных перекрытий могут иметь форму пчелиных сот. Особенность напряженно-деформированного состояния (НДС) таких многократно статически-неопределимых конструкций рассматривается в работе [3]. Пространственную работу данных систем можно использовать для предотвращения прогрессирующего обрушения зданий, что требуется при проектировании современных объектов.

Несмотря на широкое развитие компьютерных расчетов в области проектирования строительных конструкций, вопрос определения усилий и последующего конструирования плит, подкрепленных ребрами, в автоматическом режиме ЭВМ, до сих пор остается непростым [2,7]. Монолитные перекрытия с пустотообразователями как раз и относятся к таким конструкциям. С методами верификационных расчетов кессонных конструкций можно познакомиться в работах [4,5].

Основная часть

Данная работа является продолжением численного эксперимента, целью которого является определение напряженно-деформированного состояния ребристых конструкций с сотовыми пустотообразователями [3]. Нагрузка, равномерно-распределенная по всей поверхности q = 1 Т/м^2. Анализ выполняется в линейной постановке задачи. Класс бетона В25, начальный модуль упругости бетона снижен для всех элементов на коэффициент редуцирования 0,2. Такой подход учитывает ползучесть бетона и возможное трещинообразование конструкции. Высота перекрытия 500 мм, толщина полки 60 мм, высота ребра 440 мм, толщина ребра 200 мм, длина ребра шестигранника по срединной линии 700 мм. Ранее рассматривались стержневые конечно-элементные модели (КЭМ). Положительными свойствами таких моделей с точки зрения математики МКЭ является хорошая сходимость получаемых результатов и работа балок как чисто изгибаемых элементов, позволяющая без особого труда выполнить расчет их армирования на ЭВМ. При этом, действительное НДС полки конструкции остается неизвестным. Для решения данного вопроса модель можно выполнить из других конечных элементов: полку из плоских, ребро из стержневых. Для обеспечения расцентровки, стержневые конечные элементы подвешиваются к полке на специальном типе КЭ – абсолютно жестких вставках [2,7]. Плоские конечные элементы могут быть плитными, со степенями свободы (Z,U_x,U_y) и оболочечными (X,Y,Z,U_x,U_y,U_z). Возникает вопрос: при каком конечном элементе сходимость результата будет наибольшей? Полученные данные можно сравнить с данными стержневой модели, представленной в работе [3]. В нашем случае полка моделируется треугольными конечными элементами, в оболочечно-стержневой модели типом КЭ 42, в плитно-стержневой модели типом КЭ 12 библиотеки ВК SCAD++ версии 21. Для оценки правильности полученных данных изучаем изгибающие моменты в балках центральной зоны перекрытия и прогибы конструкции (рис. 1−3).

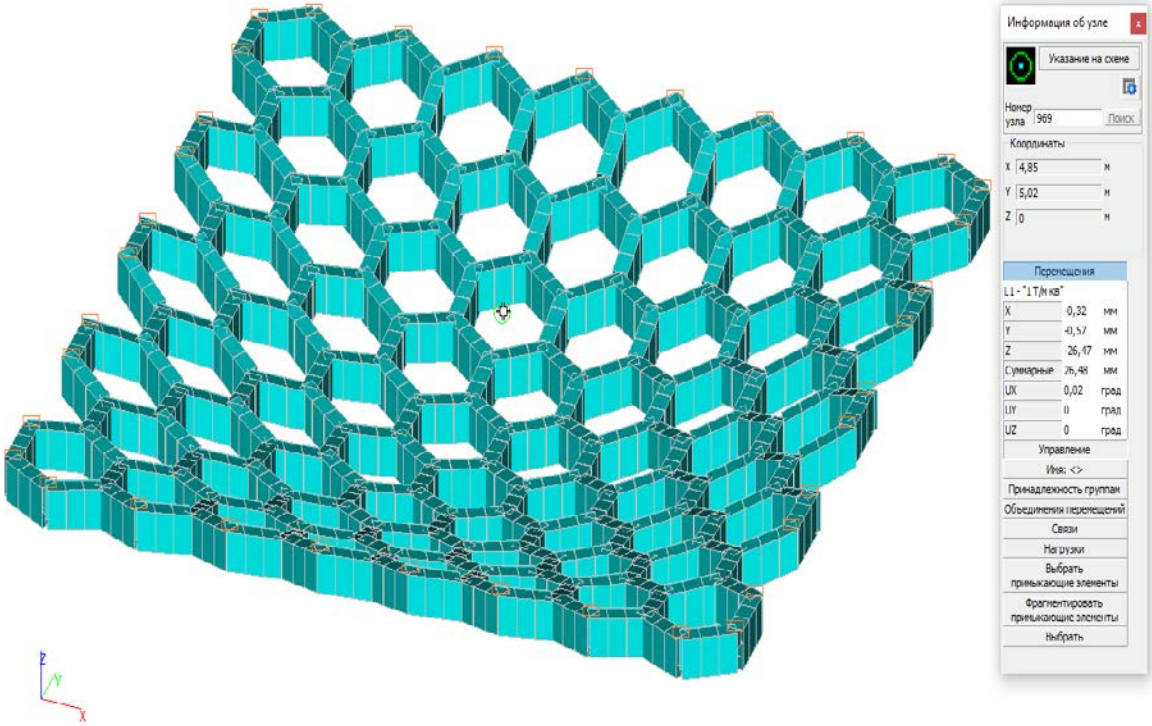


Рис. 1. Оболочечно-стержневая модель без полки (полка отключена в SCAD). Прогибы конструкции

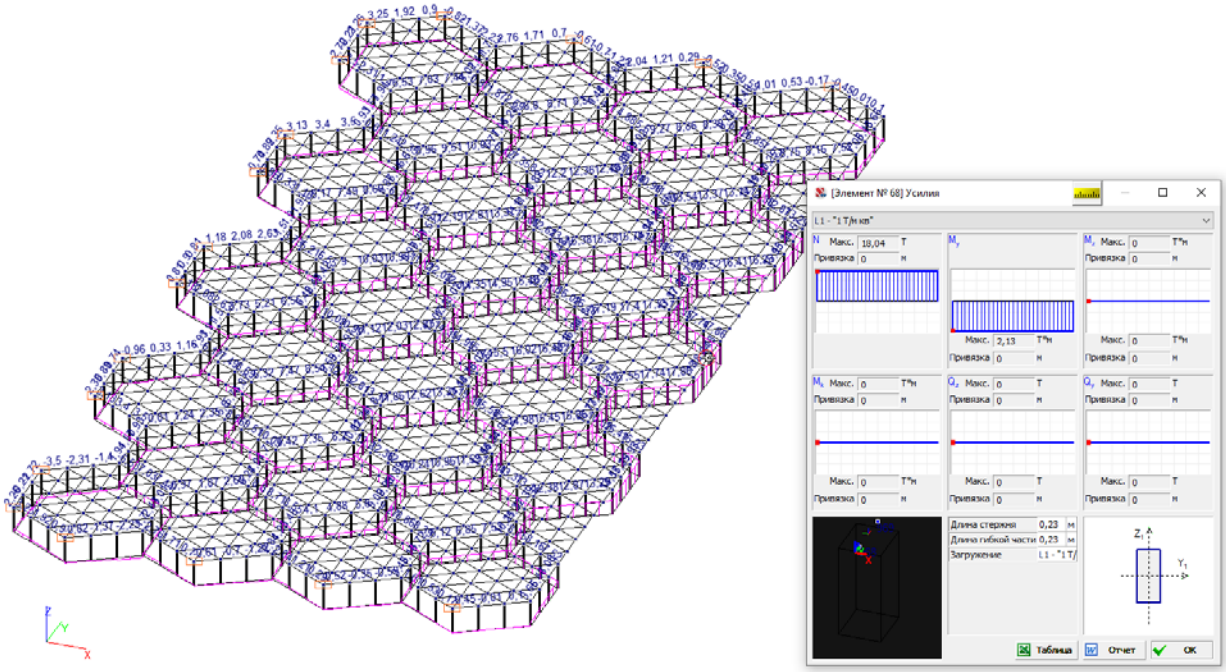


Рис. 2. Оболочечно-стержневая модель (показана 1/2 часть перекрытия). Эпюра продольных сил N (Т). Показаны усилия в балке, расположенной вдоль оси Y

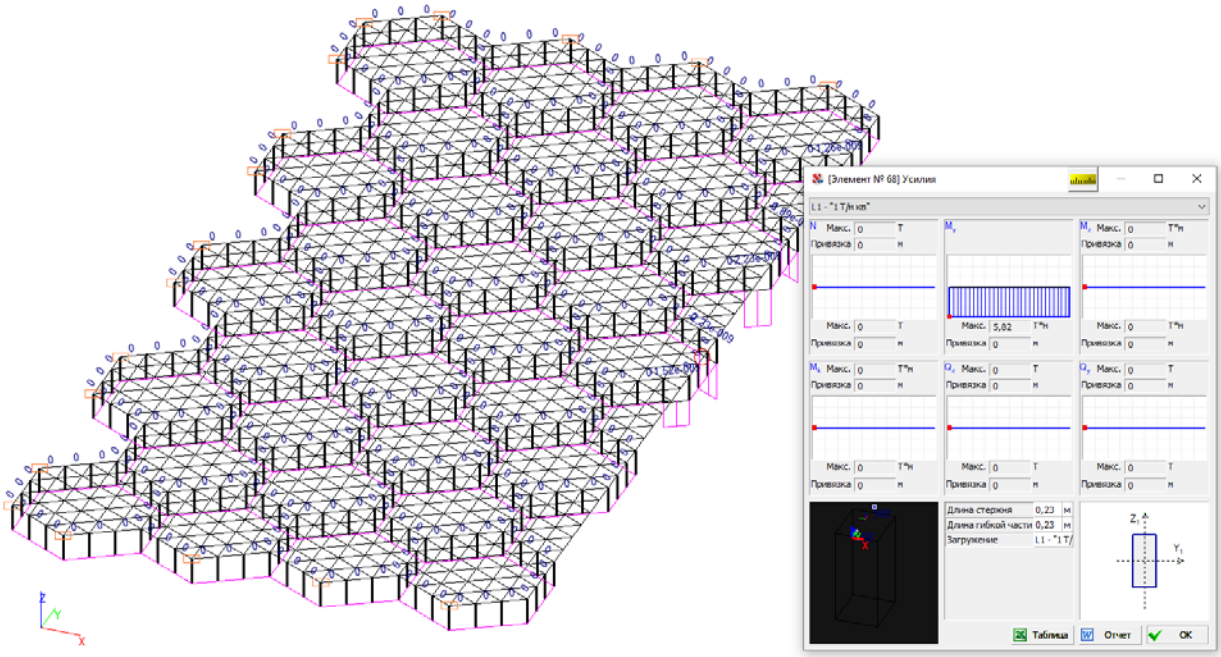


Рис. 3. Плитно-стержневая модель (показана 1/2 часть перекрытия). Эпюра продольных сил N (Т). Показаны усилия в балке, расположенной вдоль оси Y

Особенностью плоско-стержневых конечно-элементных моделей с жесткой вставкой является необходимость определения фактического изгибающего момента в тавровых балках аналитическим методом [2].

Изгибающие моменты $M_Б$ определяются по формуле:

$$M_Б = M_c + N_c \times \frac{(h_c + h_п)}{2}, \quad (1)$$

где: M_c – усредненный изгибающий момент в стержне (рассматриваемом КЭ); N_c – продольная сила в стержне (рассматриваемом КЭ); h_c – высота стержня; h_n – высота полки.

Определим изгибающие моменты для балки центральной зоны, расположенной вдоль оси Y.

Оболочечно-стержневая модель.

$$M_Б = 2{,}13 + 18{,}04 \times \frac{(0{,}44+0{,}06)}{2} = 6{,}64 \text{ Тм}. \quad (2)$$

Плитно-стержневая модель.

$$M_Б = 5{,}82 + 0 \times \frac{(0{,}44+0{,}06)}{2} = 5{,}82 \text{ Тм}. \quad (3)$$

Изгибающие моменты в балке, расположенной вдоль оси X определяются аналогично. Полученные данные представлены в таблице.

Таблица

Напряженно-деформированное состояние балок центральной зоны конечно-элементных моделей

Модель	Прогиб мм	Балка вдоль оси X			Балка вдоль оси Y		
		M_c (Тм)	N_c (Т)	$M_Б$ (Тм)	M_c (Тм)	N_c (Т)	$M_Б$ (Тм)
Стержневая [3]	30,41 100 %	6,93	0	6,93 100 %	6,93	0	6,93 100 %
Оболочечно-стержневая	26,47 87 %	2,17	17,86	6,64 95,8 %	2,13	18,04	6,64 95,8 %
Плитно-стержневая	70,44 231,6 %	5,85	0	5,85 84,4 %	5,82	0	5,82 84,0 %

При установке в узлы стержневой модели жестких вставок, учитывающих монолитность узлов, жесткость конструкции увеличится, следовательно, прогиб станет меньше [6]. Это приведет к лучшей сходимости результата по прогибу при сравнении стержневой и оболочечно-стержневой моделей. В оболочечно-стержневой модели полка оказалась в основном полностью сжатой, как по верхней, так и по нижней граням. Имеются отдельные участки с растягивающими напряжениями, расположенными по периметру конструкции (рис. 4). Из этого следует, что в автоматическом режиме подбора арматуры компьютер арматуру для полки не подберет, так как нет растяжения. Но ведь полка опирается на ребра и является неразрезной конструкцией с наличием локальных изгибающих моментов. Такое НДС получилось в результате учета пространственной работы перекрытия на ЭВМ. В плитно-стержневой модели напряженно-деформированное состояние полки существенно отличается от НДС оболочечно-стержневой модели. Это связано со степенями свободы, учитываемыми конечными элементами.

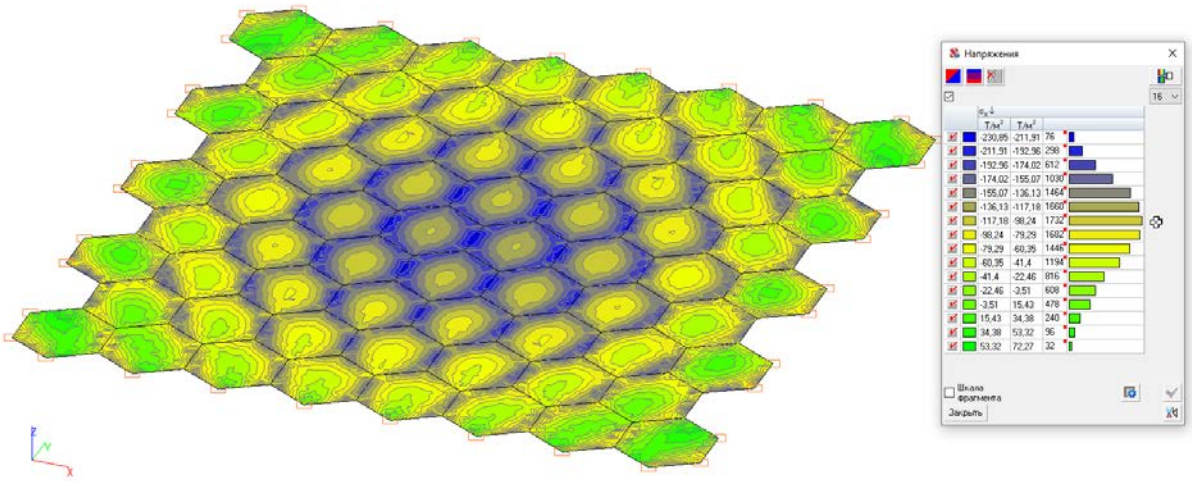


Рис. 4. Напряжения $\sigma_x\downarrow$ по нижней грани полки

Продолжением начатой работы может быть подробный анализ НДС полки сотовой или ребристой конструкции. В качестве верификационных исследований можно сравнить данные, полученные при помощи решения плоской задачи теории упругости. Ребра и полка в таких моделях состоят из плоских конечных элементов. Между собой они могут соединяться в узлах или при помощи специальных КЭ – твердых тел [7].

Выводы

1. Сходимость по прогибам и изгибающим моментам в оболочечно-стержневой модели обеспечена.
2. Сходимость по прогибам и изгибающим моментам в плитно-стержневой модели не обеспечена. Прогиб увеличился в 2,3 раза. Изгибающий момент уменьшился в 1,2 раза.
3. Для обеспечения достоверности полученных данных при расчете строительных конструкций на ЭВМ при помощи метода конечных элементов верификационные исследования, выполняемые на разных компьютерных моделях, являются обязательными.

Список литературы

1. Adel A. Al-Azzawiand Ali Omar. A state of the art review on reinforced concrete voided slabs // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 13, No. 5, March 2018.
2. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. К.: «Факт», 2005. 344 с.
3. Мозголов М.В., Козлова Е.В. Об особенностях работы ребристой сотовой конструкции перекрытия, созданного на принципах архитектурно-строительной бионики // Вестник

Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета. Сборник научных трудов. Москва, 2022. С. 391-408.

4. Мозголов М.В., Козлова Е.В. К вопросу создания верификационной модели для расчета кессонного железобетонного перекрытия в вычислительном комплексе SCAD // Вестник НИЦ «Строительство». 2022. № 1 (32). С. 128–140. https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-1(32)-128-140.

5. Мозголов М.В., Козлова Е.В. Верификация стержневой и твердотельной моделей вычислительного комплекса SCAD расчета железобетонного кессонного перекрытия // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 6. С. 35-47. DOI: 10.34031/2071-7318-2023-8-6-35-47.

6. Мозголов М.В., Белан Е.А. О влиянии абсолютно жестких вставок на напряженно-деформированное состояние балок железобетонных кессонных перекрытий при расчете конструкций в вычислительном комплексе SCAD // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука-Общество-Технологии-2022». Наука, техника, педагогика высшей школы. Новые технологии. Москва, 2022. С. 211-219.

7. Никитин К.Е., Кирсанов О.А. Сравнительное исследование конечно-элементных методик расчета ребристых железобетонных перекрытий // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2022. 18(3). С. 242-254. DOI 10.22363/1815-5235-2022-18-3-242-254.

8. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: ДМК Пресс, 2007. 600 с.

9. Секулович М. Метод конечных элементов. Перевод с сербского Ю.Н. Зуева. Под редакцией В.Ш. Барбакадзе. М.: Стройиздат, 1993. 664 с.

10. Филимонова Е.С. Анализ напряженно-деформированного состояния монолитной плиты перекрытия с пустотообразователями по системе Cobiax на основании различных расчетных моделей // Молодой ученый. 2022. № 20 (415). С. 107-109.

Ермолин Т.В.
студент,
timur.ermolin@yandex.ru
Научный руководитель: ***Балабан Е.И.***
к.ф.-м.н., доцент,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна

ПРАВИЛО ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ РУНГЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ. ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВА ВЫЧИСЛЕНИЙ

Аннотация. В работе рассматривается правило оценки погрешности численного интегрирования Рунге, которое требует вычисления двух приближений интеграла с разным шагом. На сетке с большим шагом подынтегральная функция вычисляется дважды. В работе предложен и реализован алгоритм оптимизации количества вычислений подынтегральной функции по правилу Рунге для разных квадратурных формул. Результаты, полученные при использовании классического и оптимизированного алгоритмов сопоставлены, что позволяет оценить эффективность использования оптимизированного алгоритма.

Ключевые слова: численное интегрирование; правило Рунге; алгоритм оптимизации; погрешность; квадратурные формулы.

Введение

Численное интегрирование является одной из фундаментальных и наиболее востребованных задач в вычислительной математике и применяется во множестве инженерных и

научных расчетов. В ситуациях, когда аналитическое вычисление интеграла невозможно или неэффективно, используются приближенные численные методы. Однако применение численных методов неизбежно ставит вопрос о величине погрешности полученного результата.

Классическим и широко распространенным способом оценки погрешности является правило Рунге. Суть метода заключается в вычислении двух приближений интеграла – сначала на исходной сетке, затем на более плотной сетке с шагом вдвое меньше. Полученные значения интегралов могут быть применены для оценки погрешности последнего, более точного значения.

Однако, классическая реализация правила Рунге содержит существенный алгоритмический недостаток, ведущий к неоправданным вычислительным затратам: при переходе от вычислений с большим шагом к вычислениям с шагом вдвое меньше все значения подынтегральной функции, уже найденные на предыдущем этапе в узлах крупой сетки, вычисляются повторно.

Целью данной работы является устранение указанной избыточности вычислительного процесса путем разработки алгоритма оптимизации количества вычислений.

Классический метод Рунге

Рассмотрим задачу вычисления определенного интеграла вида

$$I = \int_a^b f(x)dx, \tag{1}$$

где I – значение определенного интеграла; *f(x)* – достаточно гладкая функция на отрезке $[a;\ b]$; b – правая граница отрезка $[a;\ b]$; a – левая граница отрезка $[a;\ b]$.

При численном интегрировании отрезок $[a;\ b]$ разбивается на n равных частей

$$h = \frac{(b-a)}{n}, \tag{2}$$

где h – длина частичного отрезка или шаг; b – правая граница отрезка $[a;\ b]$; a – левая граница отрезка $[a;\ b]$; n – число частичных отрезков.

Значение интеграла вычисляется по некоторой квадратурной формуле.

Для оценки погрешности численного интегрирования используют правило Рунге:

$$R = \frac{I_{h/2} - I_h}{2^p - 1}, \tag{3}$$

где R – погрешность по правилу Рунге; $I_{h/2}$ – значение интеграла, вычисленное некоторым методом численного интегрирования $h/2$; I_h – приближенное значение интеграла, вычисленное некоторым методом численного интегрирования с шагом h; p – порядок точности используемого метода.

В частности, для метода правых и левых прямоугольников порядок точности равен $p = 1$; для метода средних прямоугольников и метода трапеций – $p = 2$; метода Симпсона – $p = 3$;

Из формулы (3) следует, что приближенное значение интеграла вычисляется дважды: I_h – с шагом h; $I_{h/2}$ – с шагом h/2. В этом и состоит недостаток классического подхода реализации правила Рунге: значения подынтегральной функции *f(x)* в узлах крупной сетки с шагом h вычисляются дважды.

Предлагаемый оптимизированный алгоритм

Следует отметить, что на сетке с числом разбиений отрезка $[a;\ b]$ на $n * 2$ частичных отрезка содержатся все значения узлов крупной сетки с числом разбиений n.

Рассмотрим на примере отрезка $[0;\ 5]$ с числом частичных отрезков $n = 5$; шаг вычисляется по формуле (2) $h = 1$. Разбиение отрезка $[0;\ 5]$ на n равных частичных отрезков представлено в (табл. 1), где «Индекс» обозначает номер узла, а «Значение X» – значение в этом узле.

Таблица 1

Разбиение отрезка [0;5] на $n = 5$ частичных отрезков

Индекс	0	1	2	3	4	5
Значение X	0	1	2	3	4	5

При увеличении числа разбиений в 2 раза: $n * 2 = 10$; шаг $h = 0{,}5$. Разбиение отрезка $[0; 5]$ на $n * 2$ равных частичных отрезков представлено в (табл. 2).

Таблица 2

Разбиение отрезка [0;5] на $n * 2 = 10$ частичных отрезков

Индекс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значение X	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5

Предлагаемый алгоритм подразумевает вычисление значений *f(x)* сразу на мелкой сетке с числом разбиений $n * 2$, так как в ее узлах уже содержатся значения крупной сетки с числом разбиений n.

Предлагается следующий алгоритм:

1. Построение мелкой сетки с числом разбиений $n * 2$, вычисление и сохранение значений подынтегральной функции в ее узлах.
2. Вычисление интеграла некоторым численным методом, используя значение мелкой сетки.
3. Вычисление интеграла численным методом, который использовался для мелкой сетки, используя значения крупной сетки через переиспользование данных: узлы крупный сетки соответствуют каждому второму узлу мелкой сетки.
4. Оценка погрешности по правилу Рунге.

При числе разбиений n этот алгоритм вычисляет значение подынтегральной функции $n + 1$ раз. В дальнейших вычислениях интегралов численными методами и на мелкой, и на крупной сетке значения функции берутся из узлов мелкой сетки без дублирования вычислений подынтегральной функции.

Практическая реализация и вычислительные эксперименты

Все экспериментальные вычисления проводились на системе со следующей конфигурацией:

- CPU: AMD Ryzen 5 753HS (6 cores, 3.3 GHz);
- Оперативная память: 16 GB DDR5-4800;
- Операционная система: Windows 10 Pro 22H2;
- Компилятор: Microsoft (R) C/C++ версии 19.41.34123 для x86;
- Стандарт языка C++ 14.

Все экспериментальные вычисления проводились на следующем Метод правых прямоугольников:

$$\int_1^2 (x^4 + 2x^3 - 4x^2 + 1)dx = \frac{161}{30} \approx 5.366667$$

где a – нижняя граница интервала интегрирования; b – верхняя граница динамический массив std::vector библиотеки STL. std::vector был выбран, так как доступ к его элементам по индексу имеет константную временную сложность O(1), что позволит обращаться к каждому элементу за константное время, не зависящее от позиции этого элемента.

Реализованы следующие методы численного интегрирования, на которых проведены эксперименты:

Метод правых прямоугольников:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \sum_{i=1}^{n} f(x_i)(x_{i+1} - x_i), \quad (4)$$

где a – нижняя граница интервала интегрирования; b – верхняя граница интервала интегрирования; f(x) – подынтегральная функция; n – число разбиений отрезка [a; b].

Метод трапеций:

$$\int_a^b f(x)dx \approx h\left(\frac{f(x_0)+f(x_n)}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} f(x_i)\right), \quad (5)$$

где a – нижняя граница интервала интегрирования; b – верхняя граница интервала интегрирования; *f(x)* – подынтегральная функция; h – шаг, вычисляемый по формуле (2); n – число разбиений отрезка $[a;\ b]$.

Методы Симпсона. Отрезок [a; b] разбивается на четное число частей $n = 2m$:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \frac{h}{3}\left(f(x_0) + f(x_n) + 4\sum_{i=1}^{m} f(x_{2i-1}) + 2\sum_{i=2}^{m} f(x_{2i-2})\right), \quad (6)$$

где a – нижняя граница интервала интегрирования; b – верхняя граница интервала интегрирования; *f(x)* – подынтегральная функция; h – шаг, вычисляемый по формуле (2); n – число разбиений отрезка $[a;\ b]$.

Так как в используемом оптимизированном алгоритме значения функции $f(x)$ уже вычислены и хранятся в массиве, то вместо вычисления подынтегральной функции $f(x_i)$, значения изымаются из массива по индексу i.

Количество вычислений при использовании оптимизированного алгоритма Рунге для всех представленных методов: $n * 2 + 1$

Найдем, во сколько раз предположительно уменьшиться скорость выполнения оптимизированного алгоритма относительно классического при $n \to \infty$:

Для формулы правых прямоугольников:

$$\lim_{n\to\infty} \frac{3n}{2n+1} = 1.5,$$

где n – число разбиений отрезка [a;b].

Для формул трапеций и Симпсона:

$$\lim_{n\to\infty} \frac{3n+2}{2n+1} = 1.5,$$

где n – число разбиений отрезка [a;b].

Таким образом, использование оптимизированного алгоритма предположительно ускорит выполнение алгоритма в 1.5 раза относительно классического подхода, путем сокращения количества вычислений подынтегральной функции.

Данное предположение было проверено экспериментально. Полученные значения времени выполнения алгоритма выводились как среднее значение для 5000 вычислений погрешности по правилу Рунге классическим и оптимизированным способом для каждого числа частичных отрезков.

Результаты экспериментальных вычислений приведены в (табл. 3−5).

Таблица 3

Результаты экспериментальных вычислений по правилу Рунге для метода правых прямоугольников

Число частичных отрезков	**Метод правых прямоугольников**			
	Классический алгоритм		***Оптимизированный алгоритм***	
	Количество вычислений f(x)	***Время выполнения алгоритма (мс)***	***Количество вычислений f(x)***	***Время выполнения алгоритма (мс)***
$n = 1280$	3840	331.334	2561	248.68
$n = 2560$	7680	564.997	5121	430.216
$n = 5120$	15360	1060.06	10241	809.686
$n = 10240$	30720	2123.76	20481	1614.41
$n = 20480$	61440	4215.36	40961	3190.11
$n = 40960$	122880	8449.61	81921	6272.26

Таблица 4

Результаты экспериментальных вычислений по правилу Рунге для метода трапеций

Число частичных отрезков	Метод трапеций			
	Классический алгоритм		*Оптимизированный алгоритм*	
	Количество вычислений f(x)	*Время выполнения алгоритма (мс)*	*Количество вычислений f(x)*	*Время выполнения алгоритма (мс)*
$n = 1280$	3842	299.878	2561	255.291
$n = 2560$	7682	562.635	5121	437.516
$n = 5120$	15362	1084.11	10241	818.786
$n = 10240$	30722	2167.29	20481	1630.9
$n = 20480$	61442	4310.69	40961	3235.36
$n = 40960$	122882	8596.27	81921	6465.11

Таблица 5

Результаты экспериментальных вычислений по правилу Рунге для метода Симпсона

Число частичных отрезков	Метод Симпсона			
	Классический алгоритм		*Оптимизированный алгоритм*	
	Количество вычислений f(x)	*Время выполнения алгоритма (мс)*	*Количество вычислений f(x)*	*Время выполнения алгоритма (мс)*
$n = 1280$	3842	343.877	2561	234.883
$n = 2560$	7682	576.029	5121	436.222
$n = 5120$	15362	1061.88	10241	805.801
$n = 10240$	30722	2118.51	20481	1590.48
$n = 20480$	61442	4202.69	40961	3168.07
$n = 40960$	122882	8421.34	81921	6315.68

Найдено отношение времени выполнения классического алгоритма Рунге ко времени выполнения оптимизированного алгоритма рунге для каждого метода численного интегрирования. Результаты приведены в (табл. 6).

Таблица 6

Отношение времени выполнения классического алгоритма Рунге ко времени выполнения оптимизированного алгоритма Рунге

Число частичных отрезков	**Метод численного интегрирования**		
	Метод правых прямоугольников	***Метод трапеций***	***Метод Симпсона***
$n = 1280$	1,332370918	1,174651672	1,464035286
$n = 2560$	1,313286814	1,285975827	1,320495069
$n = 5120$	1,309223576	1,324045599	1,317794344
$n = 10240$	1,315502258	1,328892023	1,331994115
$n = 20480$	1,321383902	1,332367959	1,32657738
$n = 40960$	1,347139628	1,329640176	1,333401946
Ср. знач.	1,323151	1,295929	1,34905

Таблица 6 показывает, что при росте числа разбиений *n* сокращаются «колебания» данных и отношение времени выполнения классического алгоритма к оптимизированному ведет себя более «предсказуемо».

В результате время выполнения оптимизированного алгоритма сокращается примерно в 1.3227 раза относительно классического алгоритма.

Вывод

Предположение о том, что при сокращении числа операций в 1.5 раза в классическом подходе к правилу Рунге относительно оптимизированного, время выполнения оптимизированного алгоритма также сократится в 1.5 раза, оказалось опровергнутым экспериментальными результатами. Данные, полученные экспериментальным путем, показывают сокращение времени выполнения приблизительно в 1.32 раза. Это расхождение реального результата с предположительным объясняется наличием неустранимых накладных расходов при использовании оптимизированного метода, а именно: выделение памяти для хранения массива значений подынтегральной функции, организация доступа к элементам массива с шагом 2 при вычислении интеграла на крупной и доступа к элементам массива с шагом 1 при вычислении интеграла на мелкой сетке.

Однако, несмотря на то что выявленный экспериментально результат 1.32 оказался ниже предполагаемого 1.5, он все равно имеет значительный практический выигрыш, особенно для ресурсоемких подынтегральных функций. Достигнутый результат позволяет сократить время расчетов приблизительно на 24 %.

Список литературы

1. Киреев В.И., Пантелеев А.В. Численные методы в примерах и задачах: Учеб. пособие / В.И. Киреев, А.В. Пантелеев. – 3-е изд. стер. – М.::Высш. шк, 2008. С. 268–271.

2. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1989. С. 162–167.

3. Численные методы: учебник и практикум для вузов / У.Г. Пирумов [и др.]; под редакцией У.Г. Пирумова. – 5-е издание., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2026. С. 98–102.

Беспалов Д.А.
студент,
dmitry77ba@yandex.ru
Научный руководитель: ***Балабан Е.И.***
к.ф.-м.н., доцент,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна

ВЛИЯНИЕ ОСНОВАНИЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

Аннотация. Рассматриваются базовые арифметические операции над целыми числами произвольной точности. Экспериментально исследовано влияние основания системы счисления на производительность и использование памяти.

Ключевые слова: длинная арифметика; числа произвольной точности; арифметические операции; системы счисления; производительность алгоритмов.

Задача выполнения арифметических операций над числами произвольной точности возникает в криптографических алгоритмах, в математическом программном обеспечении, а также в системах с ограниченной разрядностью процессора. На практике такие числа представляются в виде массивов блоков (слов) фиксированной разрядности, где выбор основания системы счисления существенно влияет на производительность и использование памяти.

В данной работе рассматриваются базовые арифметические операции – сложение, вычитание, умножение и деление – реализованные с использованием классических алгоритмов поразрядной арифметики. Простая структура алгоритмов позволяет уменьшить влияние сторонних факторов, связанных с оптимизациями и пороговыми эффектами, характерными для сложных алгоритмов. Это обеспечивает наглядность эксперимента и облегчает анализ экспериментальных данных.

Основной целью исследования является экспериментальная оценка влияния выбора основания системы счисления на время выполнения операций и потребление памяти.

Целые беззнаковые числа произвольной точности представляются в виде массива разрядных блоков (1):

$$N = \sum_{i=0}^{k-1} a_i B^i, \tag{1}$$

где k – количество блоков в числе, a_i – значение i-го блока, B – основание системы счисления.

Блоки в массиве идут от младшего к старшему.

В работе рассматриваются следующие основания: 10^4, 10^9, 2^{16}, 2^{32}. Такой выбор позволяет сравнить различные десятичные и двоичные основания.

Сложение и вычитание реализованы поразрядными алгоритмами с переносом (заемом) от младших блоков к старшим [2]. В обоих случаях алгоритмы имеют линейную временную сложность O(n), где n – число блоков в представлении числа. В связи с этим в экспериментальной части рассматривалась только операция сложения, как характерная для данного типа операций.

Умножение реализовано с использованием классического поразрядного алгоритма [2]. В процессе вычисления каждая цифра одного множителя последовательно умножается на все цифры другого множителя с последующим суммированием промежуточных результатов. Временная сложность алгоритма составляет O(n·m), где n и m – числа блоков множителей.

Деление реализовано методом длинного деления на основе алгоритма, описанного Дональдом Кнутом [2]. Алгоритм последовательно определяет цифры частного, используя нормализацию делителя и оценку очередного разряда. Деление на ноль исключалось. Временная сложность алгоритма в худшем случае O(n·m), где n – число блоков делимого, m – число блоков делителя.

Каждая операция тестировалась на числах разных размеров: 10^3, 10^4, $5{,}5 \cdot 10^4$ и 10^5 десятичных цифр.

Для проведения экспериментального исследования была разработана программа на языке C [1], реализующая алгоритмы операций над числами произвольной точности, а также процедуры измерения времени выполнения, вычисления медианных значений и последующего усреднения результатов. Эксперименты проводились на одной вычислительной платформе. Реализация выполнена с использованием стандартных целочисленных типов.

Использование памяти оценивалось объёмом данных, необходимым для хранения числа произвольной точности (табл. 1).

Таблица 1

Размеры блоков и количество блоков для чисел, имеющих 10^5 цифр

Основание	***Тип блока***	***Количество блоков в числе***	***Размер числа, кб***
10^4	uint16_t	≈ 25 000	50
10^9	uint32_t	≈ 11 100	45
2^{16}	uint16_t	≈ 20 700	41
2^{32}	uint32_t	≈ 10 300	41

Для каждого размера было сгенерировано 100 независимых пар чисел. В экспериментах деления делимое имело соответствующий размер, а делитель состоял из 1–2 блоков.

Для каждой пары входных данных одна и та же арифметическая операция выполнялась 10 раз. Время выполнения измерялось с использованием монотонного таймера высокой точности. Измеряемое время включало вычисления и операции выделения памяти, но не включало генерацию входных данных и ввод-вывод.

Для каждой пары находилась медиана времени выполнения, после чего для данного размера и основания вычислялось среднее значение медиан по всем парам входных данных.

Результаты эксперимента, представленные в табл. 2 и на рис. 1, показывают, что для операции сложения время выполнения растёт линейно с увеличением размера чисел, а влияние основания системы счисления становится заметным только для крупных входных данных. Для больших чисел наилучшие результаты демонстрирует основание 2^{32}.

Таблица 2

Время сложения в микросекундах

Основание	**Количество десятичных цифр**			
	10^3	10^4	$5{,}5 \cdot 10^4$	10^5
10^4	0,989	9,353	50,974	92,905
10^9	0,500	4,688	25,567	46,122
2^{16}	0,497	4,542	25,005	45,254
2^{32}	0,398	3,605	19,644	36,319

Для операции умножения зависимость от выбора основания выражена значительно сильнее. Как видно из табл. 3 и рис. 2, время умножения быстро возрастает с увеличением размера входных данных, что соответствует сложности алгоритма $O(n^2)$, при этом использование больших оснований позволяет существенно сократить время выполнения.

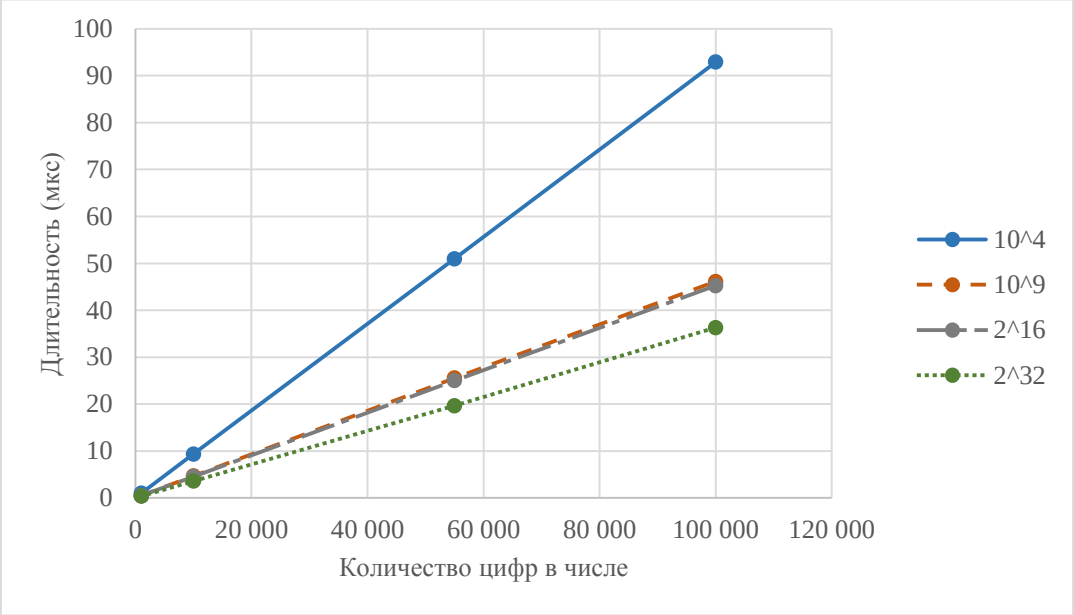


Рис. 1. Зависимость времени сложения от количества цифр в числе

Таблица 3

Время умножения в микросекундах

Основание	**Количество десятичных цифр**			
	10^3	***10^4***	***$5{,}5 \cdot 10^4$***	***10^5***
10^4	174,282	16 695,529	508659,816	1 676 201,822
10^9	39,877	2 939,623	88152,074	293 859,423
2^{16}	105,764	9 842,617	289039,488	961 450,539
2^{32}	27,895	2 461,970	73493,028	239 278,979

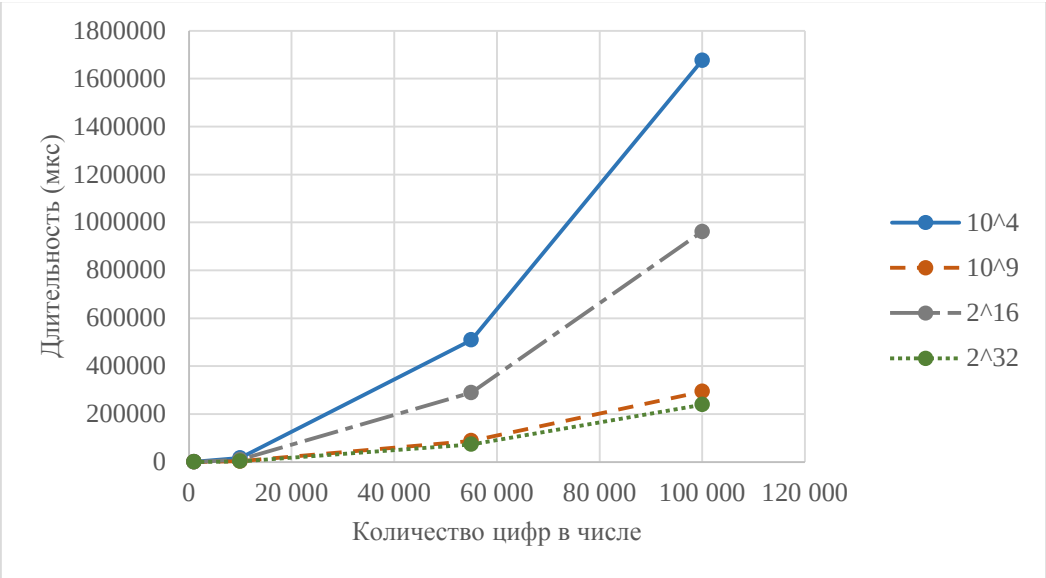


Рис. 2. Зависимость времени умножения от количества цифр в числе

Для операции деления результаты, приведенные в табл. 4 и рис. 3, аналогичны. Время выполнения растет с увеличением количества цифр в делимом, причем рост близок к линейному, так как делитель всегда состоял из 1–2 блоков. Основание 2^{32} обеспечивает минимальное время выполнения для всех размеров входных данных.

Таблица 4

Время деления в микросекундах

Основание	**Количество десятичных цифр**			
	10^3	10^4	$5{,}5 \cdot 10^4$	10^5
10^4	4,703	61,169	449,294	829,663
10^9	1,841	17,772	142,779	308,205
2^{16}	2,507	32,426	234,471	492,477
2^{32}	1,397	15,842	88,557	158,903

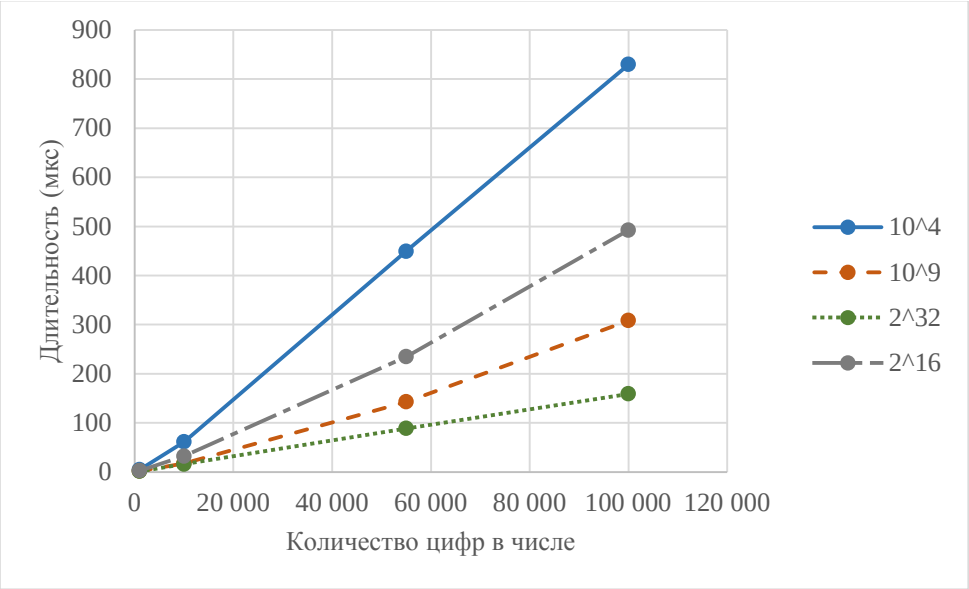


Рис. 3. Зависимость времени деления от количества цифр в числе

В целом, основания, близкие к машинному слову, в частности 2^{32}, обеспечивают наилучшее соотношение между количеством блоков и стоимостью операций над ними и обеспечивают наилучшую производительность, тогда как основания, кратные степеням числа 10, остаются удобными для понимания и наглядного представления чисел,

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и библиотек длинной арифметики, а также служат наглядной демонстрацией компромиссов, возникающих при выборе внутреннего представления чисел.

Список литературы

1. Керниган Б. У., Ритчи Д. М. Язык программирования C = The C programming language. – 3-е изд. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 352 с. – ISBN 5-7940-0045-7.

2. Кнут, Дональд Эрвин. Искусство программирования, т. 2. Получисленные алгоритмы, 3-е изд.: Пер. с англ. – М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2018. – 832 с.: ил. – Парал. тит. англ. ISBN 978-5-8459-0081-4 (рус.)

Романов В.С.
студент,
romvlad2002@gmail.com
Научный руководитель: ***Морозов С.А.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

КОНЦЕПЦИЯ РИСКОРИЕНТИРОВАННОЙ ОЦЕНКИ ОПЕРАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ФИНАНСОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Аннотация. Статья посвящена проблеме обеспечения операционной надежности финансовых организаций в условиях развития, санкционного давления и импортозамещения. Целью работы является обоснование подхода к количественной оценке рисков с учетом взаимосвязи объектов критической информационной инфраструктуры и переходных процессов замещения. Новизна заключается в представлении технологических процессов в виде сети массового обслуживания для интеграции оценки вероятности и ущерба в рамках рискориентированного подхода. Результаты могут быть использованы при развитии методов мониторинга инцидентов.

Ключевые слова: операционная надежность; рискориентированный подход; теория систем массового обслуживания; сети массового обслуживания; критическая информационная инфраструктура; финансовые организации; количественная оценка рисков.

Введение

Современное состояние кредитно-финансовой сферы Российской Федерации характеризуется одновременным действием нескольких разнонаправленных факторов. С одной стороны, цифровая трансформация банковских процессов требует внедрения сложных технологических решений и обеспечения круглосуточной доступности услуг [3]. С другой стороны, ужесточение геополитической обстановки и санкционное давление привели к массовому уходу иностранных вендоров с российского рынка, прекращению поддержки программных и аппаратных компонентов, а также к кратному росту числа и сложности кибератак на объекты КИИ [1].

Нормативно-правовое регулирование

В этих условиях обеспечение операционной надежности финансовых организаций следует рассматривать во взаимосвязи с задачами импортозамещения иностранных решений, как это показано на рисунке 1. Реализация указанных процессов осуществляется в нормативных рамках, установленных Указом Президента РФ от 30 марта 2022 г. № 166, Федеральным законом от 7 апреля 2025 г. № 58-ФЗ, а также Положением Банка России от 13 января 2025 г. № 850-П и Положением Банка России от 15 ноября 2021 г. № 779-П. При этом операционная надежность понимается как способность организации непрерывно и качественно предоставлять услуги при минимизации последствий сбоев, инцидентов и внешних угроз [2].

Возникает объективная необходимость в создании методов и инструментов для количественной оценки рисков операционной надежности, учитывающих как состояние действующей инфраструктуры, использующей иностранные компоненты, так и переходные процессы, связанные с их плановым замещением на отечественные аналоги.

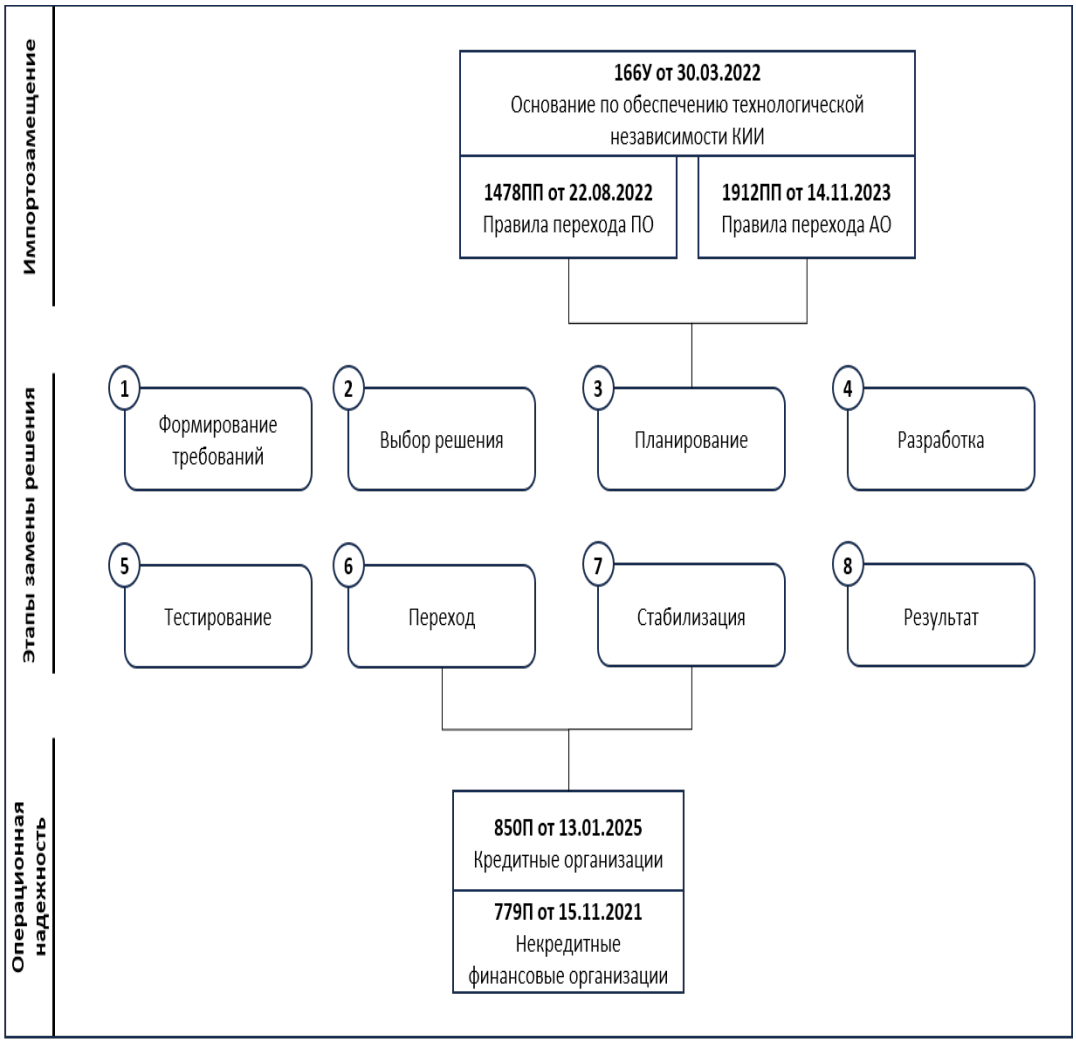


Рис. 1. Схема нормативных требований и этапов замещения в финансовых организациях

Сущность операционной надежности

Объекты критической информационной инфраструктуры (КИИ) тесно взаимосвязаны в рамках технологических процессов – упорядоченных последовательностей действий для получения продукта или услуги (рис. 2). Отказ одного объекта вызывает каскадное распространение инцидента на зависимые системы из-за архитектурных и функциональных связей [5].

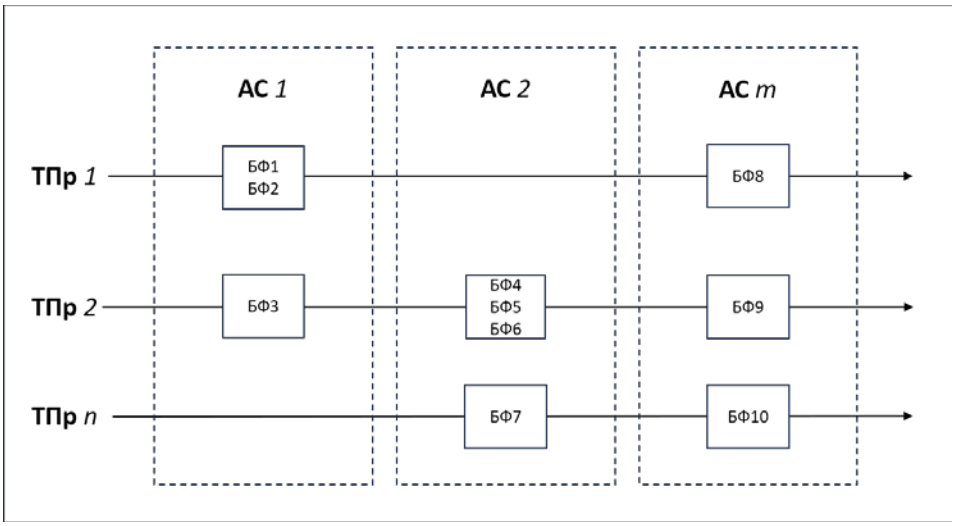


Рис. 2. Схема взаимосвязей технологических процессов

Данную сложную взаимосвязь можно представить через теорию систем массового обслуживания (ТСМО) – раздел теории вероятностей, изучающий обработку потоков заявок (запросов, транзакций) ограниченным числом каналов. Сети массового обслуживания представляют собой взаимосвязанные узлы с последовательной или разветвленной маршрутизацией заявок, разделяясь на разомкнутые (заявки поступают извне и покидают систему) и замкнутые (циркуляция фиксированного числа заявок) [4]. Ключевые параметры включают время цикла, загрузку узлов, вероятность отказа, среднее время ожидания и длину очередей, причем для реальных сценариев с произвольными распределениями отказов (кибератаки, сбои оборудования) предпочтительно имитационное моделирование, которое обеспечивает индивидуальную настройку законов распределения для каждого узла и проведение вычислительных экспериментов.

Риск-ориентированный подход

Риск-ориентированный подход в информационной безопасности опирается на классическую зависимость, где уровень риска определяется как произведение вероятности реализации угрозы на величину потенциального ущерба. В предлагаемой схеме интеграция ТСМО строится на том, что вероятностная составляющая задается результатами имитационной модели сети массового обслуживания, а оценка ущерба – характеристиками значимости активов, сроками эксплуатации компонентов, наличием иностранных решений и статусом эксплуатации системы.

Важным элементом выступает область максимального потенциального ущерба, которая определяет наиболее полный контур возможного развития последствий инцидента, включающий технологические процессы, объекты и компоненты. В отличие от подходов, учитывающих только прямой эффект отказа, здесь принимается во внимание и возможное распространение инцидента на зависимые системы, что особенно важно для взаимосвязанной инфраструктуры. Построенная модель является объектом расчета показателей вероятности и ущерба.

Вероятность наступления инцидента является мерой подверженности отказам элементов, входящих в область максимального потенциального ущерба, и определяется совокупностью факторов, отраженных в характеристиках систем. Для находящихся в промышленной эксплуатации вероятность отказа возрастает по мере приближения окончания срока поддержки компонентов; для объектов, находящихся на этапе ввода или стабилизации после замещения, она также считается повышенной из-за возможных скрытых дефектов; резервные и тестовые системы, напротив, характеризуются меньшим влиянием на операционную надежность.

Величина потенциального ущерба представляет собой количественную оценку нарушения технологических процессов, возникающего в результате инцидента, с учетом его возможного распространения на зависимые системы и процессы. Она включает как фактические последствия сбоя, определяемые через сопоставление времени простоя и доли деградации с допустимыми значениями, так и потенциальный ущерб для всех процессов, входящих в область максимального потенциального ущерба.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что теория систем массового обслуживания, в частности аппарат сетей массового обслуживания, может быть использована в качестве математической основы для формирования концепции расчета рисков операционной надежности объектов КИИ в кредитно-финансовой сфере. Предлагаемый подход позволяет формализовать технологические процессы в виде взаимосвязанных узлов и маршрутов, оценивать ключевые параметры функционирования системы, включая время цикла, загрузку и вероятность отказа, а также применять имитационное моделирование для учета произвольных законов распределения времени обслуживания и отказов. Интеграция данного аппарата с рискориентированным подходом обеспечивает возможность количественной оценки вероятности инцидентов и величины потенциального ущерба с учетом взаимозависимости технологических процессов, состояния инфраструктуры и этапов замещения иностранных компонентов.

Список литературы

1. Бондарев, А. В. Проблемы внедрения искусственного интеллекта в банковский сектор / А. В. Бондарев, Э. Н. Гаврилова // Пространственное развитие Российской Федерации: современные тенденции и вызовы: Материалы всероссийской научно-практической конференции, Москва, 25 ноября 2021 года. – Москва: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2021. – С. 472-480. – EDN DWXUOK.
2. Жилан О.Д., Сафонов Г.А. Операционная надежность как элемент операционного риска и ее влияние на финансовый результат банка // Baikal Research Journal. – 2025. – № 4.
3. Измайлова М.А. и др. Научно-технологические аспекты развития промышленной сферы в условиях цифровой трансформации экономики. – М.: Мир науки, 2024.
4. Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория массового обслуживания: учебное пособие. – 2-е изд., испр. – Томск: Изд-во НТЛ. 2010.-228 с.
5. Юй Болинь Автоматизация технологических процессов: перспективы, вызовы и пути повышения производственной эффективности // Universum: технические науки. 2024. № 11 (128).

Архипов К.А.
студент,
Kirillarhipov0609@mail.ru
Научный руководитель: ***Крюков М.С.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ОБЗОР КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ АНТРОПОМОРФНЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ КИСТИ: АНАЛИЗ РЕАЛИЗОВАННЫХ ПРОТОТИПОВ

Аннотация. В статье анализируются конструктивные решения антропоморфных манипуляторов кисти, применяемых в робототехнике. Рассмотрены биомиметические, адаптивные и тросовые схемы, а также прототипы Figure AI, Tesollo, EPFL и российских разработчиков. Сопоставлены степени свободы, масса, типы приводов и особенности управления. Выявлены тенденции развития: снижение массы, рост податливости, внедрение тактильной обратной связи и интеграция методов машинного обучения для повышения адаптивности захвата.

Ключевые слова: антропоморфная кисть; манипулятор; степени свободы; биомиметика; тросовый привод; адаптивный захват; робототехника.

Введение

Современные требования к роботизированным системам, взаимодействующим с человеко-ориентированной средой, диктуют необходимость создания манипуляторов, максимально приближенных по функциональности к руке человека. Большинство объектов труда, инструментов и интерфейсов создано именно под анатомию человека, что делает антропоморфную кисть наиболее универсальным конечным звеном робота [1].

Однако создание эффективной механической копии человеческой руки сталкивается с рядом противоречий: необходимостью обеспечить высокую степень подвижности (21–27 степеней свободы) при ограничениях по массе и габаритам, а также обеспечить достаточное усилие сжатия для удержания объектов [4]. Данная статья представляет обзор реализованных прототипов, анализируя их конструктивные особенности и области применения.

Биомиметрический подход: точное копирование анатомии

Одним из наиболее радикальных подходов к созданию антропоморфной кисти является максимально точное воспроизведение не только внешней формы, но и внутренней механики человеческой кисти. Исследователи из Вашингтонского университета (США, 2016 год) реализовали прототип, в котором кости фаланг были напечатаны на 3D-принтере по данным лазерного сканирования скелета [6].

Связки и сухожилия имитировались с использованием высокопрочных полиэтиленовых струн (Spectra), а роль мягких тканей выполняли лазерно-вырезанные резиновые элементы. Приводная группа состояла из 10 сервомоторов Dynamixel, расположенных в предплечье, которые тянули сухожилия подобно мышцам. Такая конструкция обеспечила высокую точность копирования движений оператора в режиме телеуправления благодаря кинематическому подобию.

Однако, как отмечает Новиков Д.Н. в своей работе [3], основным недостатком таких систем является сложность масштабирования и низкая ремонтопригодность, а также высокая чувствительность к ударным нагрузкам. Тем не менее, этот подход остается востребованным для медицинской робототехники и протезирования.

Промышленные антропоморфные кисти: баланс силы и ловкости

В корпоративной робототехнике приоритетом является не точное копирование анатомии, а достижение функциональности при сохранении надежности. Компания Figure AI в 2024 году представила робота Figure 02 (рис. 1), кисти которого имеют 16 степеней свободы [8]. Это решение компромиссное: количество степеней свободы (DoF) меньше, чем у человека (около 27), но достаточное для выполнения широкого спектра складских и производственных задач. Ключевой характеристикой является сила сжатия пальцев, сопоставимая с человеческой, что позволяет взаимодействовать с тяжелыми инструментами.

Рис. 1. Робот-гуманоид Figure 02

Южнокорейская компания Tesollo продемонстрировала модель DG-5F-S (рис. 2), сделав акцент на массогабаритных характеристиках. При массе менее 900 граммов устройство обладает 20 степенями свободы [9]. Снижение веса достигнуто за счет широкого использования композитных материалов и миниатюризации приводной группы. Это критически важно для гуманоидных платформ, так как снижает момент инерции подвижных звеньев и повышает безопасность работы в паре с человеком.

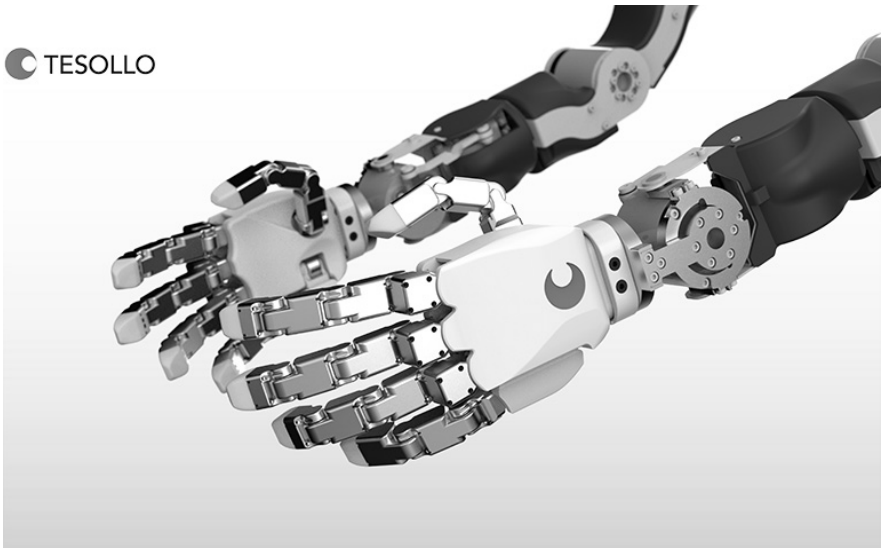


Рис. 2. Роботизированная кисть Tesollo DG-5F-S

Адаптивные и податливые конструкции: «мягкая» робототехника

Альтернативой жестким высокоточным манипуляторам являются системы, использующие принципы «механического интеллекта» (Mechanical Intelligence). Швейцарская лаборатория EPFL (Высшая политехническая школа Лозанны) разработала кисть ADAPT (Adaptive Dexterous Anthropomorphic Programmable sTiffness) (рис. 3) [7]. Ключевым материалом здесь является силикон, обернутый вокруг суставов, и встроенные пружины.

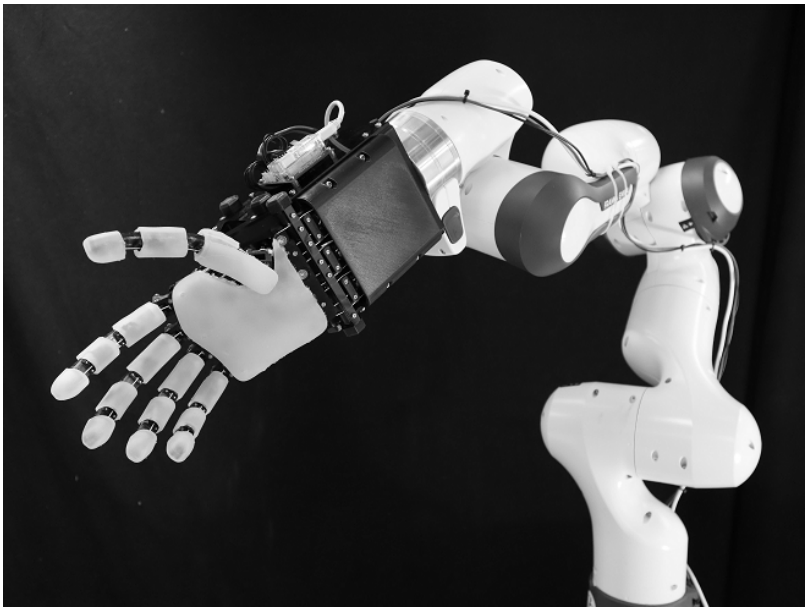


Рис. 3. Кисть ADAPT

В отличие от традиционных систем, требующих постоянного пересчета траектории через обратную связь, ADAPT использует податливость материалов для «самоорганизации» захвата. В экспериментах рука успешно захватила 24 различных объекта с точностью 93 % [7]. Управление осуществляется по разомкнутому контуру: руке достаточно пройти через четыре заданные точки, а остальную адаптацию обеспечивает механика. Это снижает вычислительную нагрузку и энергопотребление.

В России схожие концепции развиваются в Университете ИТМО. Ракшин Е.А. и Кулить Г.В. предложили конструкцию неполноприводной кисти с податливой дистальной фалангой [5]. Использование пассивной податливости позволяет компенсировать ошибки позиционирования при захвате хрупких объектов.

Тросовые системы и выносные приводы

Для решения проблемы инерционности подвижных частей широко применяется архитектура с выносными приводами. В патенте РФ на полезную модель «Манипулятор антропоморфного робота» [4] предлагается размещать 15 мотор-редукторов непосредственно в предплечье. Передача движения к 15 степеням свободы кисти осуществляется через гибкие тяги, выполненные в виде замкнутой петли (изоморфной кольцу).

Такая схема, используемая также в проекте iHand (рис. 4) от ЦИФ МГУ [2], позволяет:

Снизить массу кисти, что уменьшает опрокидывающий момент на плече робота.

Увеличить мощность привода, так как снимаются ограничения на габариты двигателя.

Обеспечить естественную эластичность тросовой передачи, что полезно при силовом взаимодействии с объектами [4].

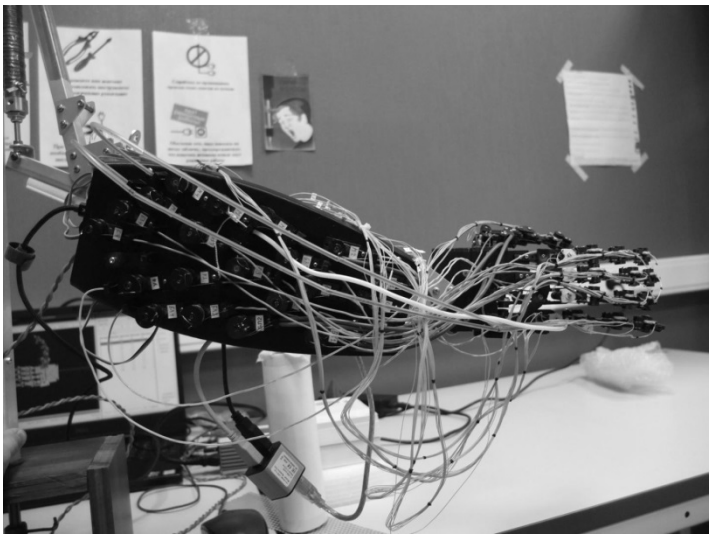


Рис. 4. Проект iHand ЦИФ МГУ

Недостатком является необходимость частого обслуживания тросов из-за их износа на перегибах, а также нелинейность передачи усилия.

Сенсорная интеграция и системы управления

Современные прототипы невозможно рассматривать в отрыве от сенсорики. В статье Гао Тяньцы [1] рассматривается управление пятипальцевой кистью на основе карты движения с использованием киберперчатки 5DT Data Glove 5 с 14 датчиками. Для обратной связи используются тензодатчики (FSR), интегрированные в подушечки пальцев.

В патенте [4] предлагается покрывать кисть оболочкой типа «искусственная кожа» со встроенными тактильными датчиками, что позволяет фиксировать момент касания и распределение давления. Предварительно обученный микроконтроллер на ладони обрабатывает данные с энкодеров углов поворота фаланг и акселерометра, позволяя реализовывать автономные хватательные движения без постоянного участия оператора [4].

Заключение

Проведенный анализ реализованных прототипов антропоморфных манипуляторов кисти показывает эволюцию подходов от жесткого копирования анатомии (Вашингтонский университет) к гибридным интеллектуальным системам. Основные выводы:

Тенденция к росту DoF при снижении массы: Коммерческие образцы (Tesollo DG-5F-S, Figure 02) демонстрируют баланс между 16–20 степенями свободы и весом менее 1 кг [8, 9].

Развитие «мягких» компонентов: Концепция ADAPT от EPFL подтверждает эффективность использования податливых материалов для упрощения управления захватом [7].

Модульность приводов: Архитектура с выносными двигателями и тросовым приводом остается доминирующей для мощных промышленных манипуляторов, позволяя снизить инерционность конечного звена [2, 4].

Перспективными направлениями дальнейших исследований является внедрение искусственных мышц (электроактивных полимеров) вместо сервоприводов [2] и создание распре-

деленных систем управления на основе нейроморфных вычислений, что позволит приблизить роботизированную кисть к биологическому прототипу по тактильной чувствительности и адаптивности.

Список литературы

1. Гао Тяньцы. Управление пятипальцевой кистью антропоморфного робота на основе карты движения // Научно-технический вестник Поволжья. 2021. № 4. С. 1687–1690.

2. Наша команда разрабатывает антропоморфную роботизированную руку с 21 степенью свободы [Электронный ресурс] // ЦИФ МГУ. 2025. URL: https://physlab.ru/news/nasha_komanda_razrabatyvaiet_antropomorfnuiu_robotizirovannuiu_ruku_s_21_stiepien_iu_svobody (дата обращения: 16.04.2026).

3. Новиков Д.Н. Механизм управления антропоморфной кистью: выпускная квалификационная работа бакалавра: направление 15.03.04. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2022. 85 с.

4. Патент РФ на полезную модель № 151487 U1, МПК B25J 15/00. Манипулятор антропоморфного робота / А.В. Захаров; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)». № 2014142855/11; заявл. 22.10.2014; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10. 8 с.

5. Ракшин Е.А., Кулить Г.В. Проектирование неполноприводной антропоморфной кисти с податливой дистальной фалангой // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. СПб.: Университет ИТМО, 2025.

6. Создана точная механическая копия человеческой руки [Электронный ресурс] // Татар-информ. 2016. URL: https://www.tatar-inform.ru/news/sozdana-tochnaya-mehanicheskaya-kopiya-chelovecheskoy-ruki-492289 (дата обращения: 16.04.2026).

7. «Самоорганизующийся» захват: роборука хватает предметы как человек [Электронный ресурс] // Hi-Tech Mail.ru. 2025. URL: https://hi-tech.mail.ru/news/127068-robotizirovannaya-ruka-peremeshaet-predmety-s-pomoshyu-zahvata-pohozhego-na-chelovecheskij-video/ (дата обращения: 16.04.2026).

8. Figure представила робота-гуманоида второго поколения с новым дизайном корпуса и кистями рук с шестнадцатью степенями свободы [Электронный ресурс] // ROBOTUNION. 2024. URL: https://robotunion.ru/media/news/tpost/fsxi1c33z1-figure-predstavila-robota-gumanoida-vtor (дата обращения: 16.04.2026).

9. Tesollo представила сверхлегкую роботизированную кисть для гуманоидов [Электронный ресурс] // MigNews. 2026. URL: http://mignews.co.il/news/technology/tesollo-predstavila-sverhlegkuyu-robotizirovannuyu-kist-dlya-gumanoidov.html (дата обращения: 16.04.2026).

Корнюшин А.А.
студент,
andrey.kornyushin2022@gmail.com
Научный руководитель: ***Москаленко Л.П.***
к.т.н., доцент,
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Россия, Санкт-Петербург

ХАКАТОНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ОБРАЗОВАНИИ – НОВАЯ МОДЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. Термин «хакатон» означает взлом задачи, поиск нестандартного решения, марафон, подразумевая выносливость и сжатые сроки. Ключевая особенность современных хакатонов – междисциплинарность. В командах участвуют не только разработчики, но и ди-

зайнеры, менеджеры, инженеры и представители заказчиков. Задачей является не просто написание кода, а создание работающего прототипа продукта или технологии, способной решить реальную проблему бизнеса или государства. Такой формат проектной работы делает из хакатона инструмент для трансформации образования и внедрения новаторских решений в строительные отрасли.

Ключевые слова: цифровизация строительства; практико-ориентированное обучение; BIM-технологии; цифровая экономика; прототипирование.

Теоретические основы и актуальность хакатонных практик

В наше время скорость технологического прогресса диктует новые требования к подготовке специалистов и методам решения бизнес-задач. Один из самых эффективных инструментов в интенсификации решений – хакатон. Термин «хакатон» (от англ. hack – взлом, решение задачи нестандартным методом, и marathon – марафон) изначально ассоциировался с мероприятиями для программистов, где за ограниченное время (обычно от 24 до 72 часов) команды разрабатывают работающий прототип программного обеспечения. Однако сегодня это понятие эволюционировало и масштабировалось. Современный хакатон представляет собой командное соревнование, направленное на решение конкретных прикладных задач и применение навыков работы в команде, где участвуют не только разработчики, но и дизайнеры, менеджеры, инженеры и представители заказчиков [6, 7].

Актуальность внедрения таких практик и подхода обусловлена разрывом между теоретической подготовкой в вузах и актуальными требованиями рынка труда. В данной статье рассматривается опыт проведения хакатонов в России и за рубежом, анализируется специфика внедрения ИТ в строительную отрасль, выделяя его как перспективный подход для инновационных разработок, а также формулируются рекомендации по интеграции практико-ориентированного обучения в высшую школу.

Система хакатонов насчитывает более двух десятилетий. Зарубежный опыт демонстрирует высокую степень зрелости этого инструмента. В США и Европе они часто выполняют функцию исследовательских центров для крупных корпораций. Международные мероприятия, такие как NASA Space Apps Challenge, собирают тысячи участников по всему миру для решения задач космической отрасли. За рубежом хакатоны часто носят социальный характер или направлены на прорывные технологии (AI, BioTech, GreenTech).

В Российской Федерации движение хакатонов получило мощный импульс в рамках национальной программы «Цифровая экономика». Если на ранних этапах (2010–2015 гг.) мероприятия носили локальный характер и организовывались энтузиастами, то сегодня они стали частью государственной стратегии. Крупнейшие экосистемы, такие как Сбер, ВК, Яндекс, регулярно проводят масштабные соревнования. Например, хакатоны от Сбера привлекают тысячи студентов для решения задач в области финтеха и искусственного интеллекта.

Однако существует заметная разница в тематике мероприятий. Большинство российских хакатонов сосредоточено вокруг классического IT: веб-разработка, мобильные приложения, анализ данных [4, 8]. В то время, как отраслевые хакатоны, направленные на цифровизацию реального сектора экономики (промышленность, сельское хозяйство, строительство), встречаются значительно реже, что открывает возможности для уникальных проектов.

Строительная отрасль традиционно считается одной из самых консервативных сфер экономики. Внедрение информационных технологий в строительство (направление, часто обозначаемое как ConTech – Construction Technology) происходит медленнее, чем в финансах или промышленности. Это обусловлено рядом факторов: высокой капиталоемкостью проектов, жестким регулированием, сложностью цепочек поставок и низкой маржинальностью многих процессов, что снижает готовность инвестировать в инновации такого характера.

Тем не менее, потребность в цифровизации строительства критически высока. Отрасль сталкивается с проблемами срыва сроков, перерасхода бюджета, дефицита квалифицированных кадров и вопросов безопасности. Технологии, которые могли бы решить эти проблемы, существуют, но их внедрение не повсеместно. Речь идет о:

1. BIM-технологиях (Building Information Modeling): Информационное моделирование зданий, позволяющее создавать цифровой двойник объекта до начала стройки.

2. IoT (Интернет вещей): Датчики на технике и конструкциях для мониторинга состояния в реальном времени.

3. Искусственном интеллекте: Для прогнозирования рисков, оптимизации логистики и управления ресурсами.

4. Дополненной реальности (AR): Для наложения проектной документации на реальную стройплощадку.

Организация хакатона, посвященного ИТ в строительстве, является уникальным мероприятием именно из-за редкости такой повестки. Студенты технических и строительных вузов редко пересекаются в учебном процессе. Программисты не понимают специфики СНиПов и ГОСТов, а инженеры-строители часто не владеют современными стеками разработки. Хакатон становится той самой площадкой, где происходит трансфер знаний.

Уникальность такого мероприятия заключается в междисциплинарности. Команда, состоящая из студента-строителя, разработчика и дизайнера, имеет гораздо больше шансов создать жизнеспособный продукт, чем команда однородного состава. Для участников это перспектива войти в зарождающийся рынок ConTech, где конкуренция специалистов пока ниже, чем в классической веб-разработке, а спрос на цифровые компетенции растет в геометрической прогрессии.

Организация уникального и мотивационного хакатона

Чтобы хакатон стал не просто разовым мероприятием, а инструментом развития, его организация должна базироваться на нескольких ключевых принципах: актуальность задач, качественное менторство и реальные перспективы для победителей [1, 2, 3, 5].

1. Формулировка задач: Задачи не должны быть абстрактными («сделайте приложение для строителей»). Они должны исходить от реальных заказчиков – управленческих компаний, генподрядчиков или производителей стройматериалов. Примеры подобных треков включают: «Цифровое обеспечение безопасности на площадке», «Оптимизация логистических процессов в бетонной индустрии», «Автоматизация подготовки исполнительной документации». Когда участники осознают, что их идеи в дальнейшем будет доработаны и получат шанс на реальное применение и будут развиваться, их мотивация значительно возрастает.

2. Мотивационные факторы: Для студентов важны не только денежные призы. Анализ показывает, что ключевыми стимулами участия являются:

Возможность трудоустройства: Компании-партнеры хакатона должны предлагать собеседования или стажировки для финалистов.

Портфолио: Возможность создать работающий прототип и добавить в портфолио, для дальнейшей демонстрации работодателю.

Нетворкинг: Установление контактов с отраслевыми экспертами и возможными партнёрами в рамках стартапов.

Образовательный трек: Проведение лекций и мастер-классов перед началом соревнований, чтобы обеспечить единый старт для всех участников (курс «Основы BIM – менеджмента для программистов»).

3. Атмосфера и поддержка: Хакатон должен быть событием, которое вызывает желание участвовать. Современный формат предполагает наличие комфортной площадки, питание, возможность для отдыха и, что немаловажно, праздничную атмосферу. Это делает событие привлекательным как в глазах молодёжи, так и для более взрослой аудитории, для которого важны эмоции и взаимодействие.

Организация такого мероприятия требует слаженной работы между вузами, бизнесом и государством. Университет предоставляет площадку и участников, бизнес – актуальные задачи и экспертов, государство или фонды – грантовую поддержку. Такое сотрудничество обеспечивает устойчивость проекта.

Хакатоны в системе высшего образования: модно, полезно

Интеграция хакатонов в образовательный процесс университетов является одним из самых результативных методов модернизации образования [3, 8]. Традиционная программа часто критикуется за недостаточную связь с практической деятельностью. Студенты изучают теории и концепции, которые устаревают к моменту выпуска. Хакатоны позволяют реализовать компетентностный подход, предусмотренный в современных образовательных стандартах.

Актуальность: В студенческой среде ценится активность и вовлеченность. Участие в хакатоне позиционируется как престижное мероприятие, сравнимое со спортивными соревнованиями. Информационное освещение, мерч, активность в социальных сетях вуза создают вокруг хакатонов имидж престижности и исключительности. Что сказывается на репутации университета как инновационной площадки.

Польза: Помимо развития профессиональных компетенций, хакатоны способствуют развитию критически важных гибких навыков:

Командная работа: Развитие умения договариваться, распределять задачи и урегулировать конфликты в условиях интенсивной работы и ограниченного времени.

Тайм-менеджмент: Навык определения приоритетов, что позволяет сделать минимально жизнеспособный продукт (MVP) в условиях невозможности довести все задачи до идела.

Презентационные навыки: Подготовка и защита проекта перед жюри или экспертной группой развивают умение аргументированно отстаивать свою позицию и представлять идею.

Стрессоустойчивость: Работа в сжатые сроки под давлением дедлайна готовит студентов к реальным условиям проектной деятельности.

Рекомендации по внедрению:

1. Зачет в учебный план: Рекомендуется университетам засчитывать участие и победы в хакатонах в качестве практической или проектной деятельности студентов.

2. Внутренние университетские лиги: Создание постоянных хакатон-лиг в рамках университета, где студенты накапливают рейтинговые баллы в течение года.

3. Междисциплинарные команды: Стимулирование создания команд состоящих из студентов различных факультетов и специальностей (ИТ + Архитектор + Экономист).

4. Преподаватели как менторы: Вовлечение профессорско-преподавательского состава в качестве наставников, что повышает их собственную квалификацию и связь с индустрией.

Практико-ориентированное обучение в формате хакатонов позволяет сократить период адаптации выпускника на рабочем месте. Работодатели получают специалистов, которые уже знакомы с циклом разработки продукта и корпоративной культурой, умеют отстаивать свои решения на чек-поинтах и общаться в рамках проектов с более старшим поколением, что в современных реалиях становится проблемой.

Перспективы и заключение

Хакатонное движение в России находится на стадии перехода от количества к качеству. Если раньше целью было провести как можно больше мероприятий, то теперь фокус смещается на глубину проработки отраслевых задач. Строительство, энергетика, транспорт – это те сферы, где цифровые решения могут принести наибольший экономический эффект.

Организация специализированного хакатона по ИТ в строительстве – это перспективный шаг. Он позволяет решить сразу несколько задач: привлечь талантливых студентов в реальную экономику, дать бизнесу доступ к свежим идеям и снизить стоимость R&D, а вузам – повысить практико-ориентированность образования.

Для студентов участие в таких мероприятиях – это социальный лифт. Это возможность проявить себя, найти команду мечты и начать карьеру не с позиции стажера, а с позиции автора успешного продукта. Включение таких мероприятий в учебные планы перестает быть просто «модным трендом», оно становится необходимостью в условиях цифровой трансформации экономики.

В заключение можно сказать, что хакатон – это не просто соревнование. Это культура сотрудничества, инноваций и быстрого прототипирования. Поддержка таких мероприятий на уровне вузов и отраслевых ассоциаций способна сформировать новое поколение специалистов, готовых строить будущее – как в цифровом, так и в физическом смысле. Сочетание академической базы и практики хакатонов создает идеальную среду для рождения технологических лидеров завтрашнего дня.

Список литературы

1. Гречушкина Н.В. Хакатон как компонент образовательного процесса в высшей школе // Перспективы цифровой трансформации образования: Материалы Национальной научно-

практической конференции, Рязань, 20–21 июня 2023 года. Рязань: Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина. 2024. С. 29–30.

2. Грязнов С.А. Педагогические приемы в высшем образовании: хакатон // Технопарк универсальных педагогических компетенций: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Чебоксары, 23 мая 2024 года. Чебоксары: ООО "Издательский дом "Среда". 2024. С. 151–153.

3. Гурьева Т.Н. Хакатон как перспективная форма проектной работы в обучении // Современные образовательные технологии профессионального образования: вызовы, практика и новые возможности: материалы Международной научно-практической конференции, Омск, 19 марта 2024 года. Омск: Омский автобронетанковый инженерный институт. 2024. С. 67–71.

4. Драгомиров П.Д. Хакатон в подготовке специалистов ИТ-профиля // Перспективы цифровой трансформации образования: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20–21 июня 2023 года. Рязань: Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина. 2024. С. 30–32.

5. Игнатьева Т.В. Хакатон – формат организации проектной деятельности // Современный педагог и его роль в формировании ключевых компетенций обучающихся: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Чебоксары, 25 сентября 2024 года. Чебоксары: ООО "Центр научного сотрудничества "Интерактив плюс". 2024. С. 53–54.

6. Интерактивная IT-платформа Clean Code Cup и практики проведения хакатонов и олимпиад по программированию / Е. В. Журавлев [и др.] // Искусственный интеллект и задачи цифровизации для устойчивого развития стран Северной и Центральной Азии: сборник трудов международной научно-практической конференции, Барнаул, 15–16 марта 2024 года. Барнаул: Алтайский государственный университет. 2024. С. 236–240.

7. Карпухин Д.С. Хакатон как метод быстрой разработки программного обеспечения // Перспективы цифровой трансформации образования: Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20–21 июня 2023 года. Рязань: Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина. 2024. С. 37–38.

8. Солдатова Г.Т., Кодолов В.Н. Влияние хакатонов на развитие профессиональных компетенций студентов // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: Сборник статей XI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 17 мая 2024 года. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет. 2024. С. 143–146.

Никишаев М.Е.
студент,
matveynikishaev@gmail.com
Научный руководитель: ***Кружалов А.С.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ПРИМЕНЕНИЕ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ВЗВЕШЕННЫХ ГРАФОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

Аннотация. Статья посвящена способу описания сценариев нагрузочного тестирования через ориентированные графы с числовыми весами на рёбрах. Предложенная в работе графовая модель сценариев позволяет задавать нелинейное поведение виртуальных пользователей, включая вероятностные ветвления и передачу данных между узлами, при этом гарантируя завершение каждой тестовой сессии. Подход реализован в распределённой системе с ви-

зуальным конструктором сценариев, горизонтально масштабируемыми агентами генерации нагрузки и встроенным мониторингом метрик.

Ключевые слова: нагрузочное тестирование; ориентированный граф; виртуальный пользователь; распределённая система; визуальный редактор; веб-приложение.

Введение

Рост аудитории веб-сервисов ставит перед командами разработки задачу превентивной проверки устойчивости продукта к пиковой нагрузке. Для этого применяется нагрузочное тестирование – вид тестирования производительности, направленный на оценку поведения системы при изменяющейся нагрузке: от минимальной до типичной и пиковой [6] Инструменты нагрузочного тестирования имитируют множество параллельных сессий и фиксируют, как меняются время отклика, пропускная способность и доля отказов по мере увеличения числа одновременных запросов. Исследования подтверждают, что качество практик тестирования производительности напрямую влияет на доходность платформ электронной коммерции [1]

Ключевым элементом любого такого испытания является сценарий – описание того, какие именно запросы посылает каждый виртуальный пользователь и в каком порядке. В популярных генераторах трафика – Apache JMeter [3], Grafana k6 [7], Gatling [4] – сценарий строится преимущественно как последовательность шагов: авторизация, переход на страницу, повтор в цикле. Вероятностные ветвления технически реализуемы, однако требуют дополнительных конструкций: условных контроллеров и генераторов случайных чисел в JMeter, ручного кодирования переходов в k6 и Gatling. По мере роста числа альтернатив такие сценарии усложняются и теряют наглядность – структуру переходов сложно увидеть целиком.

Цель настоящей работы – разработать формальную модель сценария нагрузочного тестирования на основе ориентированного взвешенного графа, в котором дуги снабжены числовыми весами, отражающими частоту выбора того или иного перехода. В рамках проведённого исследования были рассмотрены формальные свойства такого графа, архитектура платформы, в которой он используется, и результаты практического применения.

Анализ существующих подходов

Для понимания контекста кратко рассмотрим, как устроены сценарии в наиболее распространённых инструментах [2].

Apache JMeter описывает испытание иерархией XML-элементов, группируя запросы в блоки потоков [3]. Чтобы реализовать развилку («часть пользователей идёт в корзину, остальные продолжают листать каталог»), приходится комбинировать условные контроллеры, генераторы случайных чисел и вложенные блоки. С каждой новой альтернативой дерево разрастается, и его становится трудно читать.

Скриптовые генераторы следующего поколения – k6 и Gatling – выигрывают в производительности, однако предполагают написание кода на JavaScript или Scala соответственно [7, 4]. Ветвление реализуется обычными операторами «if» или «switch» и вызовами генератора случайных чисел. Получившийся скрипт понятен разработчику, однако специалисту по тестированию, не владеющему языком программирования, сложно увидеть общую картину маршрутов.

Облачная платформа Yandex Load Testing автоматизирует подготовку инфраструктуры, но основывается на конфигурациях open-source генераторов – в частности Pandora и Phantom – и перенимает их ограничения по части ветвлений [9].

Ни один из перечисленных инструментов не предоставляет встроенного визуального редактора, на котором сценарий изображался бы как граф переходов с явными числовыми вероятностями. Сопоставление ключевых характеристик приведено в табл. 1.

Таблица 1

Сопоставление способов описания сценариев

Характеристика	JMeter	k6	Gatling	Предлагаемый подход
Формат сценария	XML-дерево	JavaScript	Scala DSL	Взвешенный граф
Визуальный редактор	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	Присутствует (граф)
Ветвление с вероятностями	Контроллеры	Код	Код	Веса на рёбрах

Для устранения выявленных ограничений предлагается описывать сценарий в виде ориентированного взвешенного графа, в котором вероятности переходов являются частью самой модели, а не дополнительным слоем поверх скрипта.

Графовая модель сценариев

Сценарий представляется ориентированным взвешенным графом. Каждая вершина соответствует одному шагу теста, ребро – допустимому переходу между шагами. Обход начинается с единственной стартовой вершины и завершается при достижении одной из финальных. Каждому ребру назначается вес от 0 до 1 – вероятность выбора данного перехода; сумма весов рёбер, выходящих из одной вершины, равна 1.

Формальная модель представлена следующим выражением:

$$G = (V, E, s, T, \lambda, \pi), \quad (1)$$

где V – вершины; E – рёбра; $s \in V$ – стартовая вершина; $T \subset V$ – финальные вершины; λ – функция, назначающая каждой вершине действие; π: $E \rightarrow [0,1]$ – веса рёбер.

Каждая вершина содержит ровно одну операцию из следующего перечня (табл. 2).

Таблица 2

Доступные операции

Операция	Назначение
Старт	Инициализация сессии, создание пустого контекста переменных
HTTP-запрос	Передача запроса с указанным методом, адресом, набором заголовков и телом; может содержать правила извлечения фрагментов ответа в переменные
Пауза	Искусственная задержка, воспроизводящая период обдумывания между действиями
Условие	Проверка предиката на основе ответа предыдущего запроса (например, HTTP-статус равен 200); исход влияет на выбор следующей вершины
Генерация	Создание тестовых данных: случайная строка, UUID, email, временная метка и др.; результат сохраняется в переменную для использования в последующих узлах
Финал	Корректное завершение сессии, освобождение ресурсов

Механизм обхода. Маршрут каждого виртуального пользователя – это цепочка узлов от старта до любого завершающего узла. Находясь в узле v_i, агент исполняет операцию $\lambda(v_i)$, после чего генерирует случайное число и выбирает следующий узел пропорционально весам исходящих дуг. Если исходящая дуга одна, переход детерминирован – случайное число не нужно. Вероятность конкретного маршрута вычисляется перемножением весов всех пройденных дуг.

Благодаря этому один и тот же граф автоматически порождает множество непохожих маршрутов без необходимости выписывать каждый из них вручную.

Гарантия завершения. Корректность графа устанавливается набором предварительных проверок, обеспечивающих гарантированное завершение каждой сессии:

- Каждый промежуточный узел обязан иметь как минимум одну исходящую дугу.
- Сумма весов рёбер, выходящих из одного узла, равна 1.
- Из любого узла графа можно добраться до какого-либо завершающего узла. Достижимость проверяется обратным обходом: из завершающих узлов обход распространяется по инвертированным дугам; если после обхода остались незатронутые узлы, граф признаётся некорректным.

Все три шага укладываются в линейное время относительно числа вершин и рёбер.

Передача данных между вершинами. В узле HTTP-запроса можно настроить извлечение значений из ответа: указать JSON Path-путь в теле или имя заголовка, задать имя переменной – и значение будет в ней сохранено. Последующие вершины подставляют его через запись `${имя}` в адресе, заголовках или теле запроса. Так выстраиваются цепочки зависимых вызовов. Например, токен авторизации извлекается из ответа и автоматически подставляется в последующие запросы.

Архитектура платформы

Практическое применение описанной модели потребовало создания распределённой системы из четырёх компонентов, взаимодействие которых показано на рис. 1.

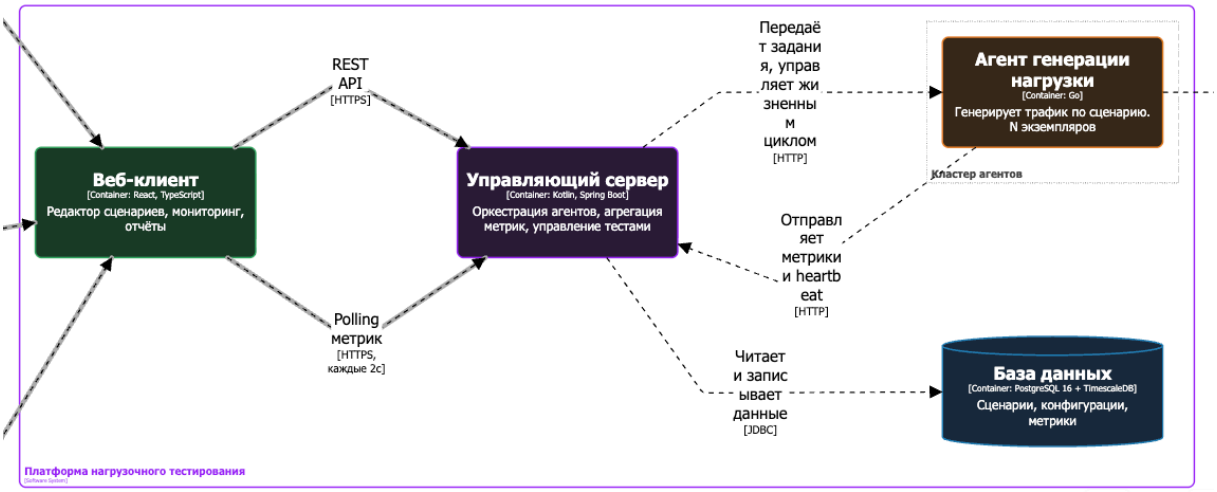


Рис. 1. Архитектура системы

- Сервер управления координирует запуски, хранит графы сценариев и собирает метрики от агентов.
- Агенты нагрузки написаны на Go и развёртываются в Docker-контейнерах горизонтально масштабируемым кластером. При запуске теста сервер передаёт каждому агенту граф сценария и параметры нагрузки. Каждый виртуальный пользователь выполняется в отдельной горутине с расходом памяти на порядки меньше потока операционной системы.
- Веб-клиент – приложение на React с визуальным конструктором сценариев на базе React Flow. Инженер перетаскивает узлы на холст, соединяет их рёбрами и задаёт веса прямо на диаграмме. Здесь же отображаются графики метрик исполнения теста в реальном времени.
- База данных – PostgreSQL 16 с расширением TimescaleDB. Хранит сценарии, конфигурации и результаты тестов. Метрики производительности размещаются в гипертаблице, партиционированной по времени, что обеспечивает эффективную запись при высокой частоте поступления данных от агентов.

Апробация предложенной модели

Визуальный конструктор сценариев (рис. 2) позволяет инженеру собрать граф прямо в браузере: перетащить узлы на холст, соединить рёбрами и задать весовые коэффициенты. На рис. 2 показан граф сценария интернет-магазина: после генерации тестовых данных и авторизации маршрут разветвляется – с весом 0,6 пользователь переходит в каталог, с весом 0,4 – к поиску. Из каталога с весом 0,7 товар добавляется в корзину, с весом 0,3 сессия завершается. Граф насчитывает 10 узлов и 11 рёбер и описывает несколько различных маршрутов без дублирования шагов.

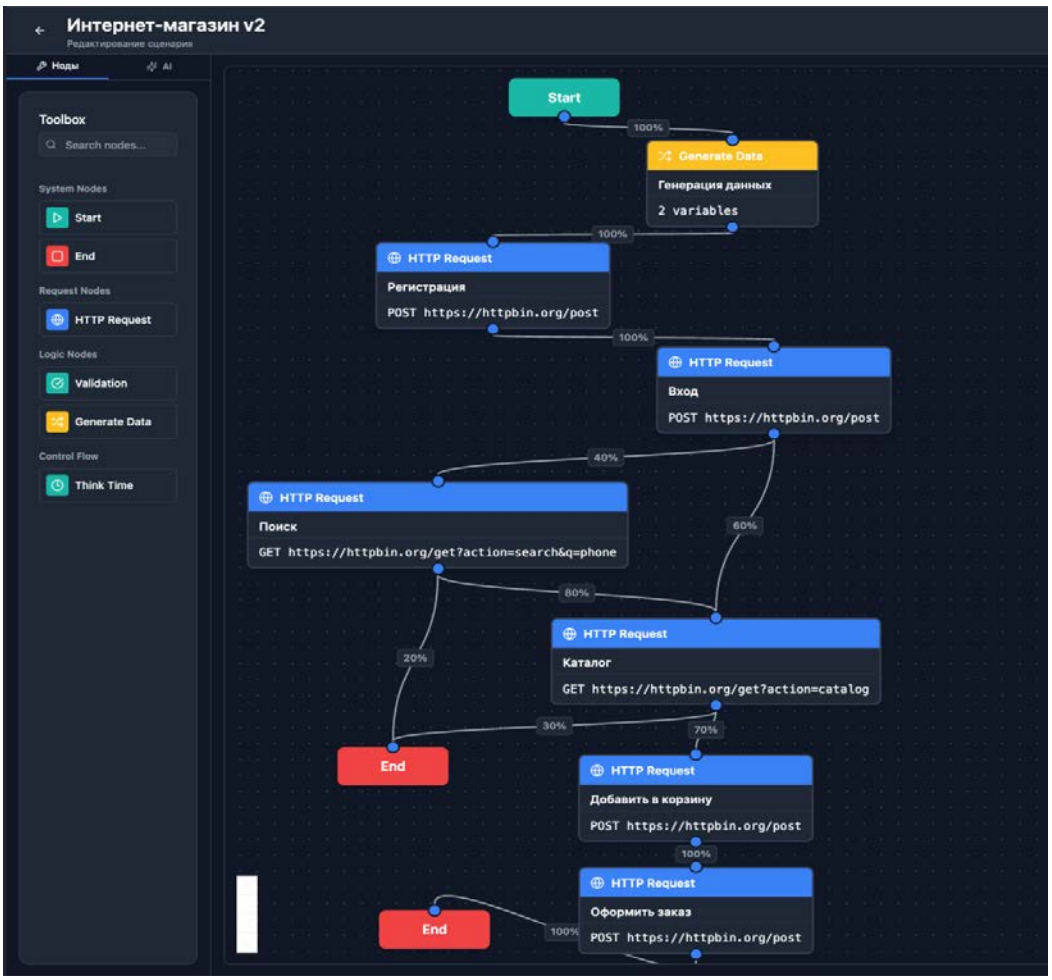


Рис. 2. Визуальный конструктор сценариев

Целевой системой для тестирования выступил публичный REST-сервис httpbin.org. Тестирование проводилось двумя агентами с пиковым профилем нагрузки. Пиковый тест – вид нагрузочного тестирования, при котором проверяется способность системы выдержать внезапный и значительный рост числа запросов [5]. В данном тесте базовый уровень составлял 50 виртуальных пользователей, два пика до 500 пользователей по 20 секунд каждый, с восстановлением до базового уровня в течение 30 секунд между ними.

В ходе теста платформа фиксировала и отображала метрики в реальном времени (рис. 3). Пропускная способность в базовом режиме составляла около 250 запросов/с; на пиках нагрузки она возрастала до 3600 и 2500 запросов/с соответственно. Частота ошибок в обычном режиме равнялась 0 %; кратковременные всплески до 20-25 % наблюдались в момент резкого снижения числа виртуальных пользователей – что является ожидаемым поведением при spike-тестировании.

Рис. 3. Дашборд метрик в реальном времени

Заключение

В работе предложена формальная модель сценария нагрузочного тестирования в виде ориентированного взвешенного графа и сформулированы условия его корректности, гарантирующие завершение каждой сессии. Модель реализована в распределённой платформе с визуальным редактором, агентами на Go и базой данных временных рядов.

Предложенный подход наиболее полезен в ситуациях, когда поведение пользователей нелинейно, то есть после одного шага возможны несколько альтернативных маршрутов с разной частотой. Визуальный редактор снижает порог входа: QA-инженер без навыков программирования может описать такой сценарий, расставив узлы на холсте и задав веса рёбер, тогда как в существующих инструментах это требует написания кода или конфигурации контроллеров.

Полученные результаты могут быть применены при тестировании веб-приложений с разветвлённой навигацией – интернет-магазинов, порталов, личных кабинетов.

Список литературы

1. Дрогунова Ю. И. Влияние практик тестирования на производительность и доходность e-commerce-платформ в условиях роста цифрового потребления // Профессиональный вестник. Информационные технологии и безопасность. – 2025. – № 3. – С. 3–9.

2. Французов А. М. Обзор и сравнительный анализ современных средств нагрузочного тестирования веб-приложений // Новые тенденции в науке, обществе и технике: материалы науч.-практ. Конф. – Ульяновск, 2025. – С. 284–292.

3. Apache JMeter User's Manual [Электронный ресурс] / Apache Software Foundation. – URL: https://jmeter.apache.org/usermanual/ (дата обращения: 25.03.2026).

4. Gatling Documentation [Электронный ресурс] / Gatling Corp. – URL: https://docs.gatling.io/ (дата обращения: 25.03.2026).

5. Grafana. Spike Testing [Электронный ресурс] / Grafana Labs. – URL: https://grafana.com/blog/spike-testing/ (дата обращения: 06.04.2026).

6. ISTQB Glossary. Load Testing [Электронный ресурс] / International Software Testing Qualifications Board. – URL: https://glossary.istqb.org/en_US/term/loadtesting (дата обращения: 09.05.2025).

7. k6 Documentation [Электронный ресурс] / Grafana Labs. – URL: https://grafana.com/docs/k6/latest/ (дата обращения: 26.03.2026).

8. Malhotra A. Concurrency Patterns in Golang: Real-World Use Cases and Performance Analysis // Journal of Computer Science and Technology Studies. – 2025. – Vol. 7, № 6. – P. 782–788.
9. Yandex Load Testing Documentation [Электронный ресурс] / Yandex Cloud. – URL: https://yandex.cloud/en/docs/load-testing/ (дата обращения: 25.03.2026).

Киселева С.А., Зимин А.Е.
студенты,
sonya2005kiseleva@gmail.com, zim.aleks2004@gmail.com
Научный руководитель: ***Спиваков А.Г.***
доцент,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОСТАВНЫХ КРИВЫХ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СЕЧЕНИЙ В РЕДАКТОРЕ ОБВОДОВ СУДНА И ЕГО ИНТЕГРАЦИЯ С РАСЧЕТНЫМИ СИСТЕМАМИ

Аннотация. В статье описана модернизация специализированного редактора для параметрического моделирования обводов судна, включающая применение составных кривых при построении сечений корпуса и интеграцию редактора с внешними расчётными системами посредством загрузки опорных точек из CSV-файлов. Представлены изменения в описании основных элементов, а также архитектуры модуля импорта, реализующего автоматизированное создание NURBS-сечений по табличным данным. Разработка выполнена в Visual Studio на C++ с использованием геометрического ядра C3D Toolkit, фреймворка Qt5 и системы сборки CMake.

Ключевые слова: проектирование судов; редактор обводов судна; составные кривые; геометрическое ядро C3D Toolkit; фреймворк Qt5; система сборки CMake.

Судостроение является одной из ключевых отраслей промышленности, играющей важную роль в обеспечении транспортной и экономической безопасности государства. Современные суда представляют собой комплексные инженерные системы, что требует высокой степени точности на всех этапах их проектирования и производства. Важнейшим этапом в процессе проектирования является разработка обводов корпуса, представляющих собой геометрические линии, которые определяют внешнюю форму судна и влияют на его гидродинамические, прочностные и эксплуатационные характеристики.

В настоящее время проектирование обводов судна осуществляется преимущественно с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР), основанных на математическом аппарате параметрических кривых и поверхностей. Традиционный подход предполагает моделирование каждого сечения корпуса в виде единой непрерывной кривой. Однако реальные судовые конструкции зачастую включают элементы со сложной геометрией, которые проще описать в виде составной кривой. Это приводит к необходимости упрощений, снижающих точность модели и увеличивающих время на подготовку производственной документации. Проблема усугубляется при проектировании специализированных судов – таких как суда на подводных крыльях, экранопланы, катамараны, ледоколы, – где обводы имеют сложную геометрическую структуру, с различными типами кривых и зонами сочленения разнородных элементов.

Существующие САПР-системы общего назначения зачастую не обеспечивают достаточного удобства для работы с такими объектами, требуя от конструктора трудоемких обходных решений. В этой связи актуальной задачей становится разработка специализированного программного инструмента, позволяющего использовать составные кривые в сечениях. Такой подход позволяет представить каждое сечение не как единую кривую, а как набор независимых криволинейных сегментов, которые могут иметь различные типы (полилинии,

сплайны, NURBS), параметры и условия сопряжения. Это открывает возможности для более точного моделирования реальной геометрии, учета технологических особенностей изготовления корпуса и снижения трудоемкости проектирования. Разработка подобной системы соответствует стратегическим направлениям развития отечественного судостроения, включая импортозамещение зарубежного ПО, цифровизацию проектных процессов и повышение конкурентоспособности российских верфей на мировом рынке.

Внедрение инструмента работы с составными кривыми позволит достичь следующих целей:

- повышение точности геометрического моделирования сложных участков корпуса;
- улучшение гибкости и точности задания сечений корпуса за счёт перехода от одиночных кривых к составным сечениям, состоящим из нескольких независимых кривых;
- сокращение времени на подготовку и корректировку теоретического чертежа и 3D-модели для последующего анализа;
- улучшение качества данных для последующих расчетов (прочность, устойчивость, гидродинамика).

Это позволяет более детально описывать сложные геометрические формы, характерные для судостроения.

На ранних этапах проектирования координаты обводов судна часто существуют в виде таблиц – результатов гидродинамических расчётов, оцифровки чертежей или данных из смежных систем. Ручной перенос таких таблиц в CAD-среду занимает немало времени и сопряжён с риском возникновения ошибок. Разработанный модуль импорта из CSV-файлов автоматизирует этот процесс, обеспечивая быстрое и точное создание NURBS-кривых по загруженным координатам. Это обеспечивает бесшовную интеграцию редактора с внешними расчётными системами, где обводы судна изначально представлены в табличной форме.

В качестве основной задачи модернизации редактора рассматривалось изменение архитектуры хранения основных данных за счет разделения понятий кривой и сечения. Первоначально архитектура программы подразумевала существование кривых как некоторого набора точек, по которым строились модели, где каждая кривая рассматривалась как отдельный элемент, находящийся в отдельном сечении. Для построения более сложных моделей требовалось изменение хранения данных таким образом, чтобы на одном слое осуществлялось хранение сразу нескольких кривых, где уже каждая кривая становится отдельным элементом, хранящим конкретный набор точек.

В рамках проведённой оптимизации структуры данных, класс ShipSection, изначально описывающий кривые, был разделён на два класса: ShipSection и SectionElement. Класс SectionElement предназначен для хранения и управления отдельными кривыми, такими как полилинии, сплайны и NURBS, с использованием набора точек. Новый класс ShipSection, в свою очередь, функционирует как контейнер для нескольких объектов типа SectionElement, обеспечивая управление составным сечением. В классе предоставлены методы для добавления, удаления и доступа к отдельным кривым, а также управления общей системой координат сечения:

- getElements() – получение элемента по индексу (с опциональным расчётом полигона).
- getAllElements() – получение всех элементов сечения.
- AddSectionElement() – добавление нового элемента сечения.
- eraseElement() – удаление элемента.
- elementsCount() – количество элементов в сечении.
- GetPlacement() и SetPlacement() – управление локальной системой координат сечения.

Класс ShipModel был обновлён для поддержки новой структуры данных. Теперь он хранит секции (ShipSection) и предоставляет функционал для работы с моделью судна в целом. Основные методы класса:

- pushSection() – добавление нового сечения в модель.
- eraseSection() – удаление сечения по индексу.
- insertSection() – вставка сечения на указанную позицию.
- sectionsCount() – получение количества сечений в модели.
- getAllSections() – получение всех сечений модели.
- getSection() – получение сечения по индексу.

• clear() – очистка всей модели.
• empty() – проверка на пустоту модели.
• getAllPlasements() – получение систем координат всех сечений.

Была осуществлена проверка работы программы, подтвердившая корректность внесенных изменений (рис. 1).

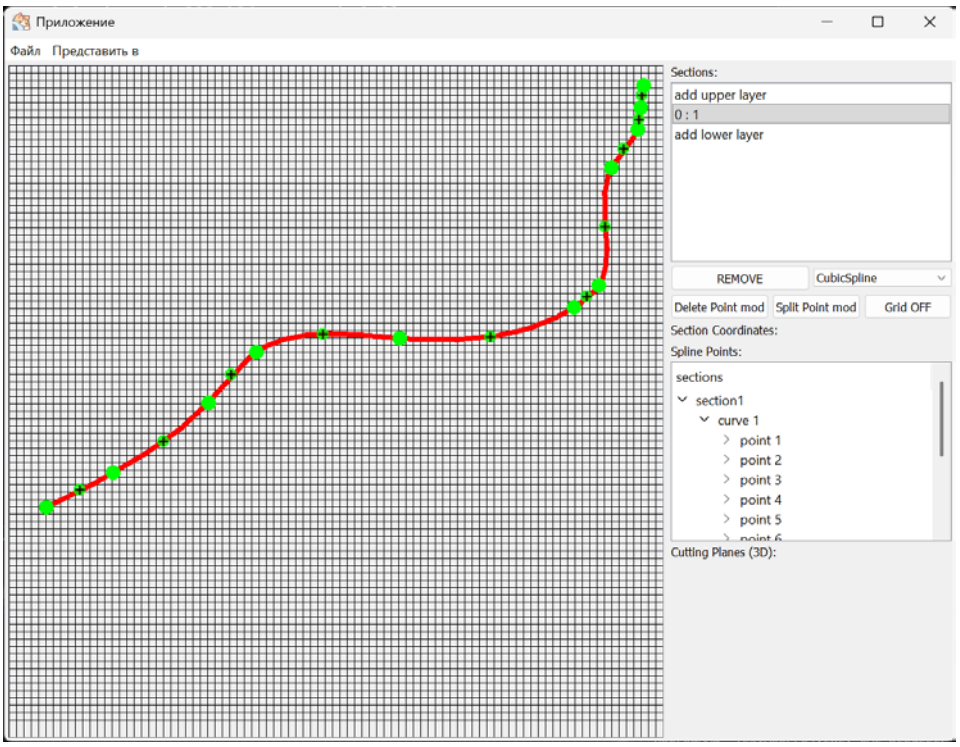


Рис. 3. Проверка работы программы после изменения структуры хранения данных

Следующей немаловажной задачей являлась разработка модуля импорта данных из CSV-файлов. В исходной версии редактор не поддерживал чтение файлов с опорными точками, и все координаты приходилось вводить вручную, что требовало значительных временных затрат и повышало риск ошибок. Для решения этой задачи был разработан модуль импорта с поддержкой чтения двух координат (x и y). Модуль импорта данных выполняет синтаксический разбор строк, отбрасывает комментарии (строки, начинающиеся с #) и пустые строки, а затем формирует массив точек, пригодный для построения кривой. Пространственное положение сечения (координата Z) задаётся пользователем отдельно в диалоговом окне, что позволяет гибко позиционировать загруженные сечения вдоль корпуса судна. После успешной загрузки модуль инициирует автоматическое создание NURBS-сечения на основе импортированных точек. Таким образом, редактор автоматически создаёт NURBS-кривые по загруженным точкам, что позволяет быстро переносить в проект данные из внешних источников (результатов гидродинамических расчётов, оцифрованных чертежей, смежных программных комплексов), исключая ручной ввод координат.

Для проверки работоспособности модуля импорта был подготовлен тестовый CSV-файл, моделирующий реальные данные из внешних расчётных систем. Файл содержал 6 опорных точек с координатами x и y.

Процесс импорта состоит из несколько этапов. На первом этапе пользователь открывает диалоговое окно создания сечения, где ему необходимо ввести имя кривой и задать её пространственное положение (координату Z). На рис. 2 показан пример заполнения диалога: сечение с именем «One» размещается на позиции 350.

После этого пользователь нажимает кнопку «Load CSV» и выбирает файл в стандартном диалоге открытия (рис. 3). Редактор поддерживает фильтр по расширению.csv, что упрощает навигацию.

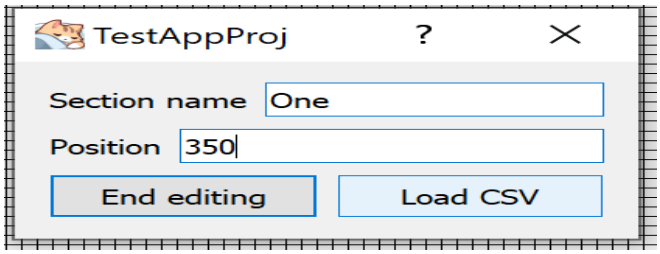


Рис. 4. Диалог ввода названия секции и координаты Z

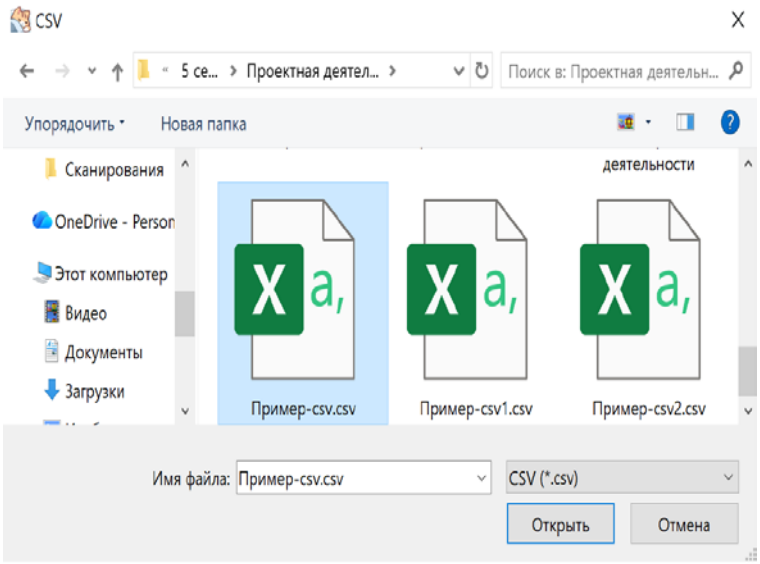


Рис. 5. Диалог выбора CSV-файла

После выбора файла редактор автоматически считывает координаты точек, парсит строки и строит NURBS-кривую. Затем создаётся новое сечение с заданным именем и позицией, которое отображается в списке секций (рис. 4).

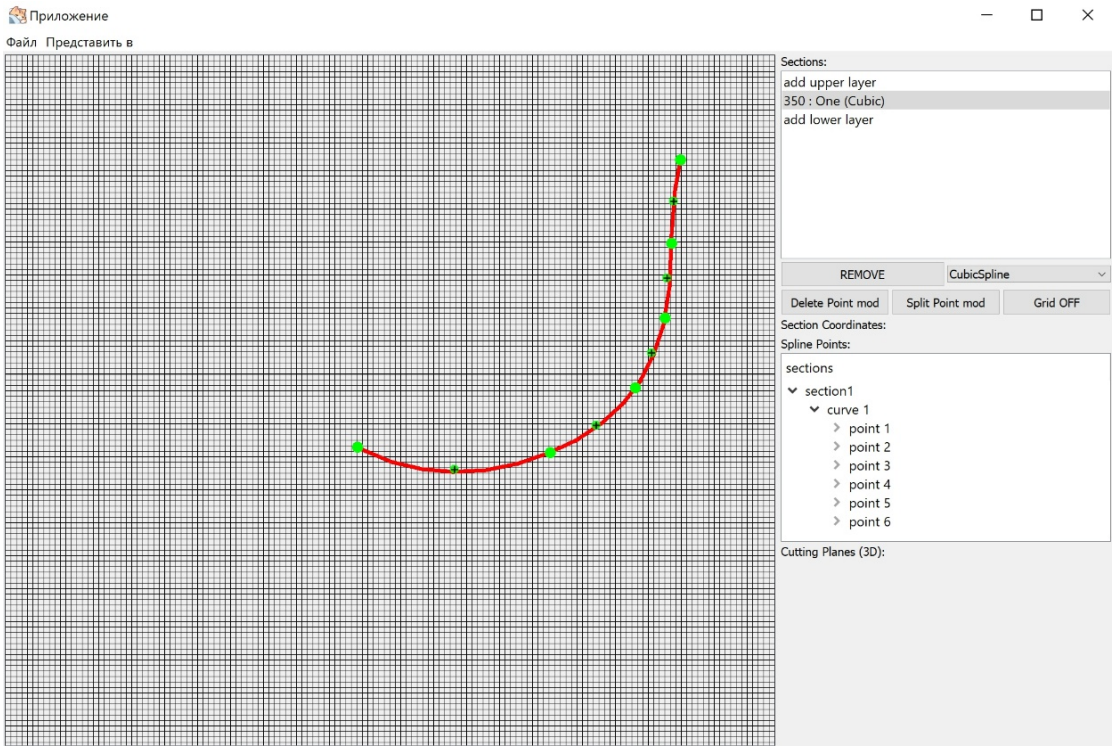


Рис. 6. Результат импорта: новое сечение в списке секций

В процессе тестирования также проверялась корректность обработки ошибочных форматов: файлы с недостаточным количеством точек (менее трёх) отклоняются с выводом предупреждающего сообщения; строки, не соответствующие формату значений координат, игнорируются; пустые строки пропускаются без ошибок. После импорта и редактирования модель была экспортирована для последующего использования в расчётных системах, что подтвердило корректность передачи геометрии.

Внедрение составных кривых и автоматизированного импорта табличных данных позволило существенно повысить функциональность и удобство работы с редактором обводов судна. Новый подход к построению сечений обеспечивает более точное и гибкое моделирование сложных геометрических форм, характерных для современного судостроения, а интеграция с внешними расчётными системами ускоряет обмен данными и минимизирует риск ошибок при ручном вводе. Таким образом, реализованный функционал позволил улучшить работу редактора, однако несмотря на нововведения остается необходимость для дальнейшей доработки программы. Одной из задач, которая будет решена в ближайшем будущем, является реализация выбора конкретной кривой в секции для редактирования: на текущий момент удалось изменить обращение к кривой в секции с первой добавленной на последнюю, а далее планируется реализация таблицы соответствия кривых и сечений. Еще одно направление для дальнейшего развития программы – реализация импорта из тестового CSV-файла с тремя заданными координатами и повышение точности отображения кривых, построенных по указанным координатам, за счёт использования более совершенных алгоритмов визуализации NURBS-геометрии.

Список литературы

1. C3D Toolkit: инструментарий для разработки инженерного программного обеспечения: [сайт]. – URL: https://c3dlabs.ru/products/c3d-toolkit (дата обращения: 10.04.2026).
2. Готман А.Ш. Проектирование обводов судов с развертывающейся обшивкой. – Л.: Судостроение, 1979. – 192 с.
3. Качанов И.В. Проектирование судов: пособие по курсовому и дипломному проектированию для студентов специальности 1-37 03 02 «Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта»: в 3 ч. Ч. 1 / И.В. Качанов. – Минск: БНТУ, 2017. – 60 с.
4. Кеслер А.А. Теория и устройство судна. – Нижний Новгород: ВГУВТ, [б. г.]. – Часть 2: Основы остойчивости – 2014. – 80 с.
5. Колосов И.Е., Спиваков А.Г. Специализированный редактор для моделирования обводов судна // Математика и ИТ – вместе в цифровое будущее: сборник трудов IV Молодежной школы (Н. Новгород, 21–25 апреля 2025 г.) / под ред. К.А. Баркалова, Т.Г. Смирновой. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского, 2025. – С. 43-47.

Добринский Д.И.
студент
daniildobr0204@gmail.com
Научный руководитель: ***Крюков М.С.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет
Россия, Москва

РАЗРАБОТКА МНОГОЦЕЛЕВОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА САМОЛЕТНОГО ТИПА «САМОЕД» ДЛЯ ЗАДАЧ МЧС РОССИИ

Аннотация. В статье рассматривается процесс проектирования и создания прототипа многоцелевого беспилотного летательного аппарата (БПЛА) «Самоед», предназначенного для нужд МЧС России. Обоснована актуальность внедрения модульных авиационных систем

для минимизации рисков жизни сотрудников ведомства при поиске пострадавших, пожаротушении и мониторинге чрезвычайных ситуаций. Описана концепция быстросъемного грузового отсека, позволяющего адаптировать аппарат под конкретные оперативные задачи.

Ключевые слова: БПЛА; самолетный тип; МЧС; мониторинг ЧС; модульная конструкция; «Самоед».

Введение

Использование беспилотных авиационных систем в структуре МЧС является одним из наиболее эффективных инструментов повышения оперативности и безопасности спасательных работ. Дроны давно уже доказали свою результативность в задачах аэрофотосъемки, поиска пострадавших и распространения информации. Однако существующие аналоги зачастую имеют узкую специализацию или высокую стоимость. Целью данной работы является разработка и построение прототипа доступного многоцелевого БПЛА самолетного типа, оснащенного универсальными комплексами для спасения и помощи (рис.1, 2). Методика проектирования показана в табл. 1.

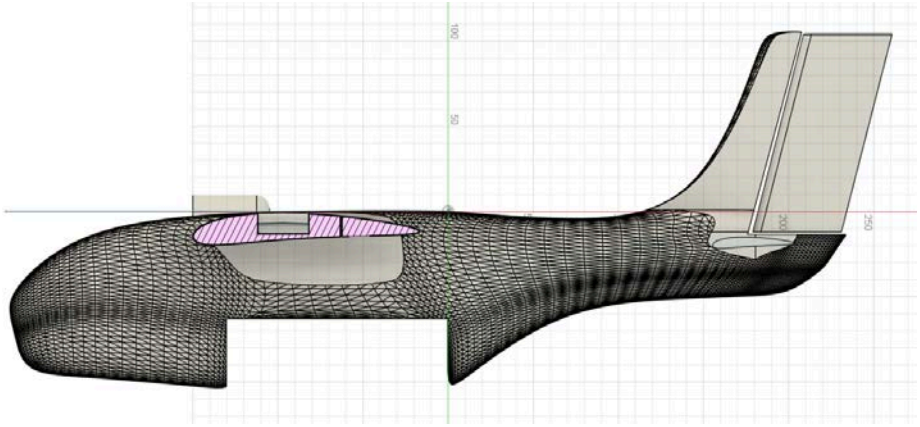


Рис. 1. Схема внутреннего устройства корпуса

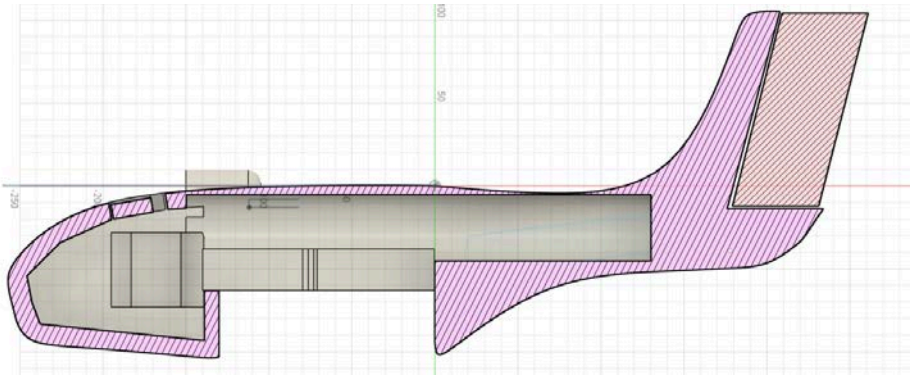


Рис. 2. Общий вид прототипа БПЛА «Самоед»

Таблица 1

Этапы проектирования

Этап		Описание	Ожидаемый результат
Анализ рынка		Сбор данных, сравнительный анализ	Определение конкурентных преимуществ
Выбор конструкции		двухмоторный моноплан-высокоплан	Снижение стоимости и простота производства
Расчеты		Структурны, аэродинамические, энергетические	Параметры позволяющие создать чертеж, а после и саму рабочую модель
Подбор комплектующих		Электроника, композиты, пластик	Упрощение производства
Прототипирование		3D печать компонентов, сборка и настройка	Получение рабочего прототипа
Тестирование	Полет на закрытой территории	Проверка жизнеспособности продукта	

Конструктивные особенности БПЛА «Самоед»

Главной особенностью разрабатываемого аппарата является его модульность. Проектируемая конструкция включает унифицированный разъем для быстрой смены целевого оборудования. В зависимости от задачи БПЛА может нести:

- Камеру высокого разрешения с тепловизором для поиска людей.
- Снаряды с пожаротушащей смесью.
- Модули с экстренным снаряжением и пайком.
- Низкая стоимость и простота обслуживания
- Снижение рисков для спасателей

Сравнительный анализ показал, что при расчетной стоимости в 1000–1500$ «Самоед» способен выполнять задачи, сопоставимые с более дорогими аналогами, обладая при этом преимуществом в виде большей дальности по сравнению с агродронами и высокой скоростью развертывания (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительный анализ устройств

	MQ-1C	Орлан-10	Agras T30	Самоед
Взлет/Посадка	Аэродромный	Катапульта	Вертикальный	Аэродромный/ Катапульта
Взлет/Посадка	Аэродромный	Катапульта	Вертикальный	Аэродромный/ Катапульта
Вертикальный взлет	Нет	Нет	Да	Нет
Грузоподъемность	до 488 кг	до 5 кг	до 40 кг	До 3 кг
Дальность	до 400 км	до 120-150 км	до 2-5 км	до 10-15 км
Время полета	до 25-30 часов	до 10-16 часов	10-20 мин	40 мин
Страна произв	США	Россия	Китай	Россия

Предполагаемая конструкция и возможности автопилота

БПЛА «Самоед» – двухмоторный моноплан-высокоплан с корпусом выполненым при помощи печати на 3D принтере из композитно наполненного пластика.

Управление:

- GPS/GLONASS + ИНС, автопилот, система контроля за состоянием аккумулятора.

Программное обеспечение:

- Пакет «Взлет-посадка» (автономный режим).
- Алгоритм «Поиск-пострадавших» (обработка изображений).
- Алгоритм «Пожаротушение» (распределение жидкой туши).

Результаты и перспективы

Сравнительный анализ показал, что при расчетной стоимости в 1000–1500$ «Самоед» способен выполнять задачи, сопоставимые с более дорогими аналогами. На текущем этапе создан полноразмерный прототип для примерки комплектующих. Внедрение модульной архитектуры позволяет значительно снизить операционные расходы поисково-спасательных отрядов.

Заключение

Разработанный проект БПЛА «Самоед» позволяет решать широкий спектр задач МЧС – от аэрофотосъемки до непосредственного участия в ликвидации ЧС. Модульная архитектура и снижение операционных расходов делают данную разработку перспективной для внедрения в поисково-спасательные отряды.

Дальнейшие шаги:

- доработать алгоритмы обработки данных
- создать рабочий прототип
- сделать точные расчеты для модели
- расширить тестовую программу для сложных сценариев
- подготовить документы для сертификации и внедрения в практику спасательных служб

Список литературы

1. ГОСТ Р 56122-2014. Воздушный транспорт. Беспилотные авиационные системы. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2014.
2. Ермаков В.В. Основы проектирования беспилотных летательных аппаратов: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана.
3. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та.
4. Матвеев, А. И. Конструирование и расчет беспилотных летательных аппаратов / А. И. Матвеев. – М.: МАИ.
5. Официальный сайт МЧС России. Применение беспилотных технологий в спасательных операциях [Электронный ресурс].
6. Техническое описание БАС «Орлан-10». Характеристики и эксплуатационные показатели [Электронный ресурс].
7. Шахматов, Е. В. Модульное проектирование авиационных систем / Е. В. Шахматов. – Самара: Изд-во Самар. ун-та.

Агбетробю О.А.Л.
студент,
t-64@mail.ru
Научный руководитель: ***Соболев А.Н.***
к.т.н., доцент,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва

СКВОЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СРЕДЕ T-FLEX PLM (НА ПРИМЕРЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШЛИЦЕВОГО ВАЛА)

Аннотация. В статье рассмотрено применение PLM-системы T-FLEX для технологической подготовки шлицевого вала. Описаны разработка маршрутной технологии, создание управляющих программ и документации. Показана интеграция CAD/CAM/PLM для непрерывности цифрового цикла от 3D-модели до детали. Уделено внимание практическим аспек-

там использования отечественной PLM-платформы в условиях импортозамещения и автоматизации производства.

Ключевые слова: T-FLEX PLM; сквозное проектирование; технологическая подготовка производства; цифровое машиностроение; импортозамещение ПО; шлицевой вал.

Введение

Современное машиностроение требует перехода к сквозным цифровым технологиям, объединяющим конструкторскую подготовку, технологическое проектирование, программирование оборудования и контроль качества в едином информационном пространстве. Отечественная PLM-система T-FLEX предоставляет инструментарий для реализации такого подхода, обеспечивая непрерывность передачи данных между этапами жизненного цикла изделия [1-4].

В рамках технологической подготовки производства детали типа «шлицевой вал», типичного представителя машиностроительных изделий, сочетающего различные виды поверхностей и требующего комплексной обработки, была выполнена полная цифровая разработка технологического процесса с использованием модулей T-FLEX PLM.

Цель работы: продемонстрировать возможности сквозного проектирования в единой PLM-среде на примере изготовления шлицевого вала, а также показать практическую реализацию интеграции CAD, CAM и технологических модулей.

Основная часть

Объектом проектирования выбран шлицевой вал коробки скоростей станка (рис. 1) – деталь, широко применяемая в редукторах, коробках передач и шпиндельных узлах металлорежущих станков (рис. 2).

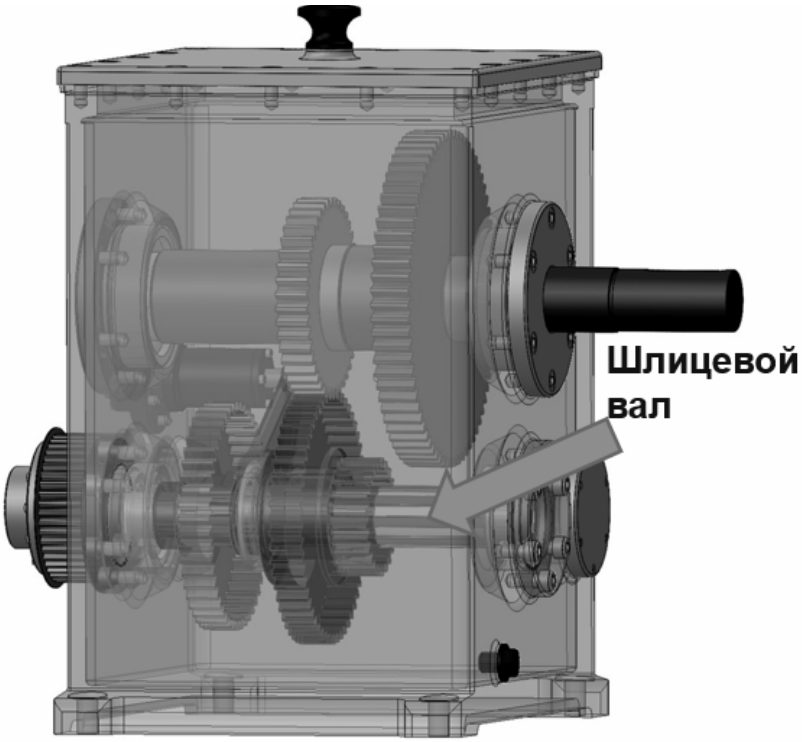


Рис. 1. Коробка скоростей станка, разработанная автором

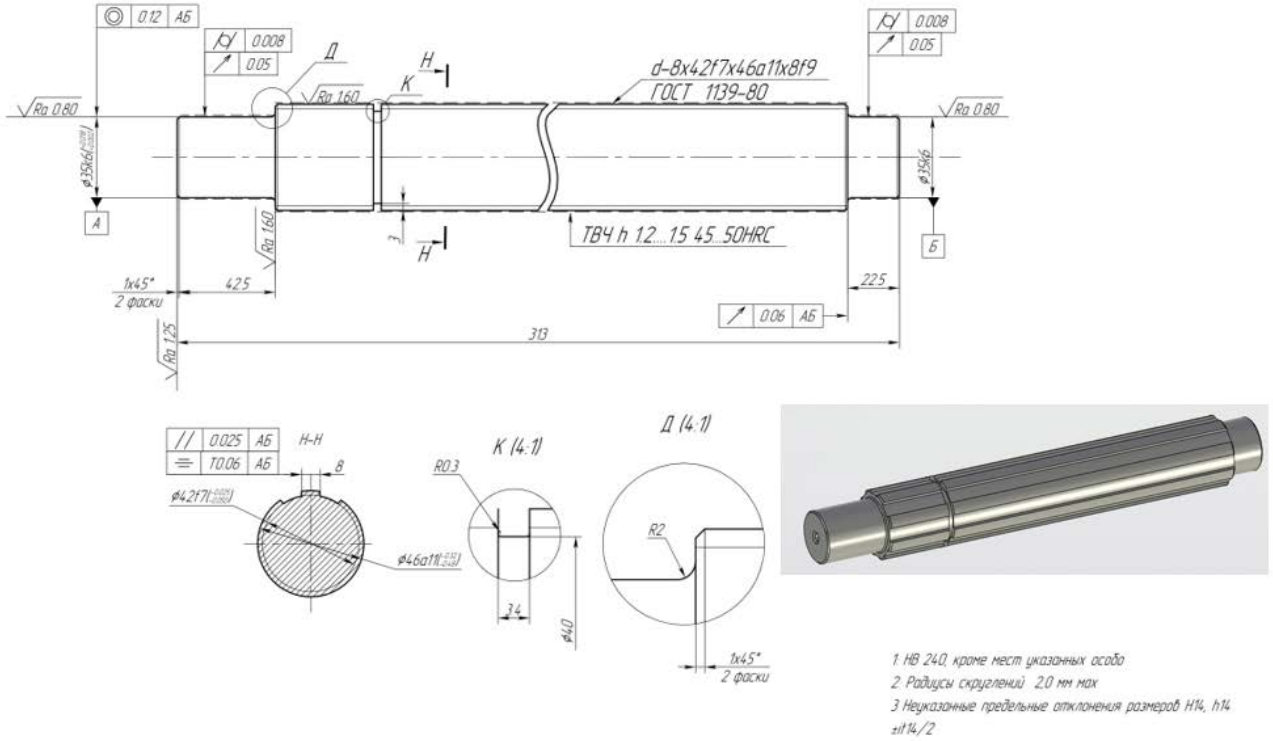


Рис. 2. Шлицевой вал коробки скоростей

Исходными данными послужила 3D-модель детали, выполненная в модуле T-FLEX CAD. Работа над технологическим процессом велась в единой среде T-FLEX PLM, что позволило исключить потерю данных и необходимость повторного ввода информации при переходе между этапами.

Проектирование технологического процесса включало следующие этапы:

1. Анализ 3D-модели и определение технологических задач. На основе геометрии детали выявлены ключевые требования: точность посадочных поверхностей, формирование шлицевого профиля, термообработка для достижения твердости, обеспечение соосности и прямолинейности.

2. Разработка маршрута обработки в модуле «Технология и нормирование». В системе построена иерархическая структура технологического процесса с детализацией операций, переходов и установов (рис. 3). Для каждой операции назначено оборудование с указанием моделей станков (рис. 4), режущий инструмент, включая современный сборный инструмент и стандартный по ГОСТ.

3. Формирование технологической документации. На основе внесенных данных T-FLEX PLM автоматически сформировала маршрутные и операционные карты (рис. 5), исключая ручное оформление и связанные с ним ошибки.

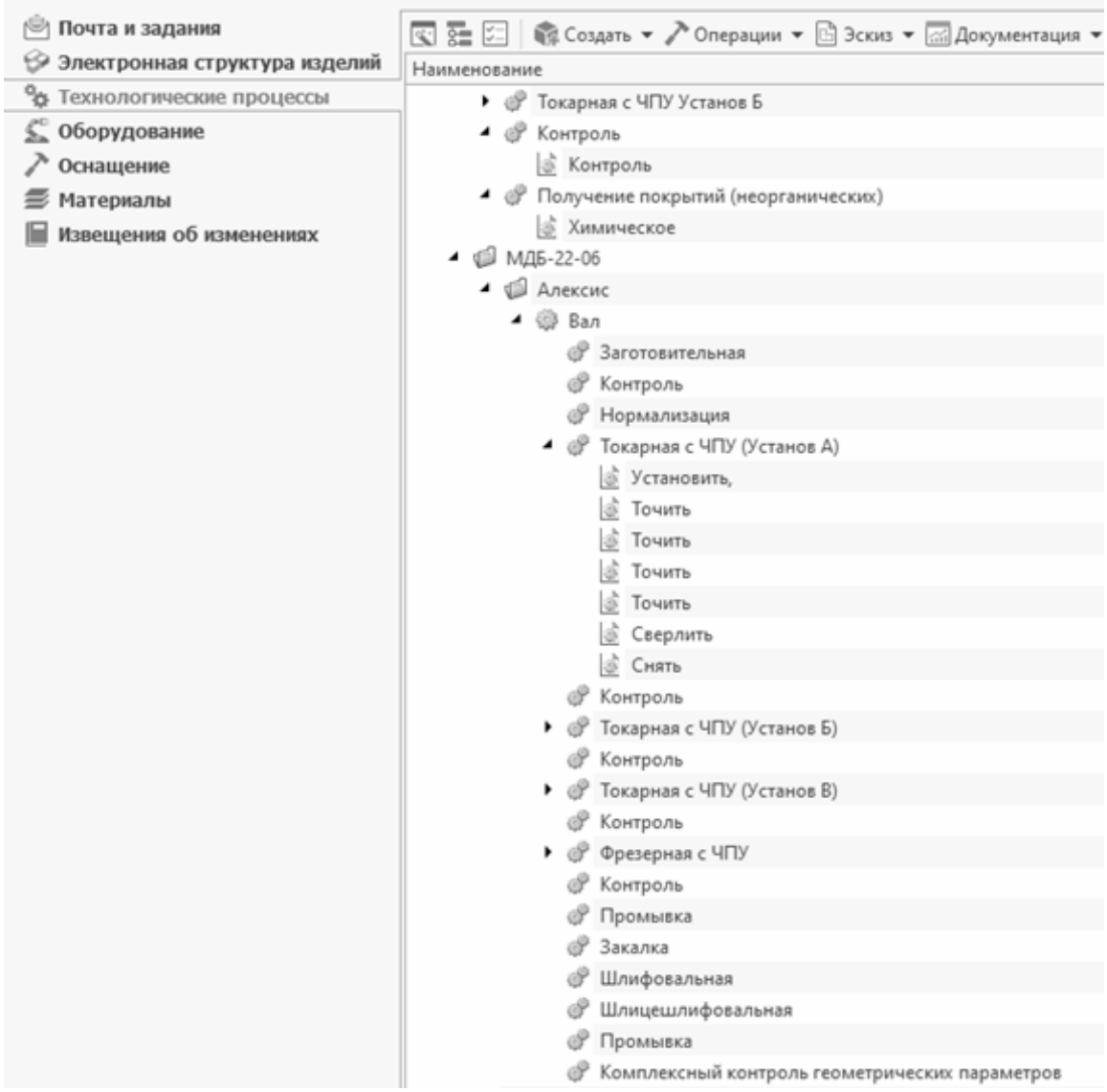
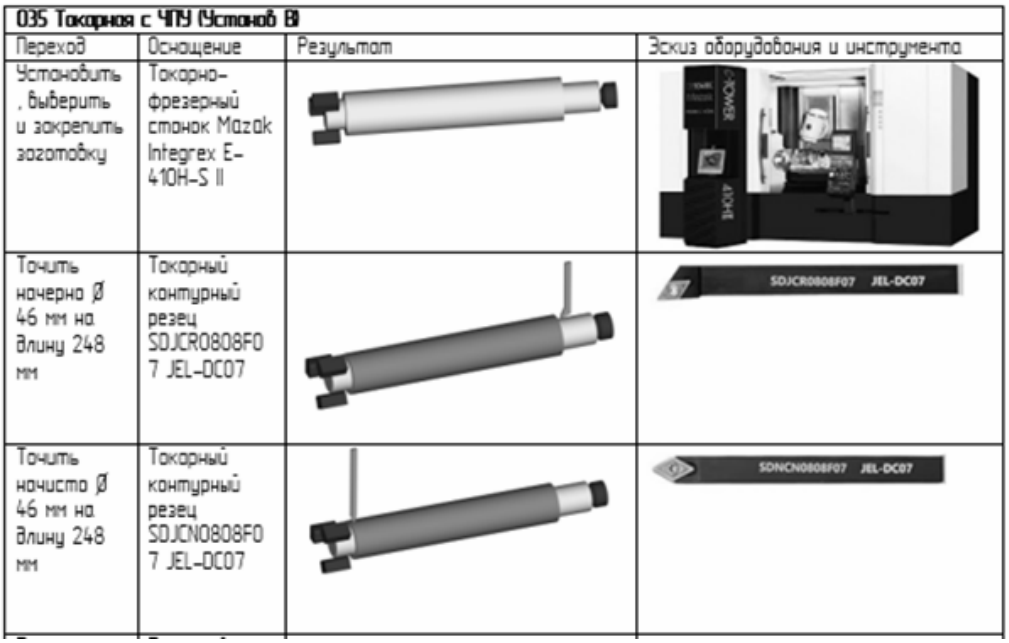


Рис. 3. Структура технологического процесса



035 Токарная с ЧПУ (Установ В)			
Переход	Оснащение	Результат	Эскиз оборудования и инструмента
Установить , выверить и закрепить заготовку	Токарно-фрезерный станок Mazak Integrex E-410H-S II		
Точить начерно Ø 46 мм на длину 248 мм	Токарный контурный резец SDJCR0808F07 JEL-DC07		SDJCR0808F07 JEL-DC07
Точить начисто Ø 46 мм на длину 248 мм	Токарный контурный резец SDJCN0808F07 JEL-DC07		SDNCN0808F07 JEL-DC07

Рис. 4. Токарная обработка вала

ГОСТ 3.1118-82 Форма 1б

Дубл.
Взам.
Подл.

2

		Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции	Обозначение документа										
А																	
Б		Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт.	Т пз	Т шт.
		Наименование детали, сб. единицы или материала											ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх.
А	01				015	5029 Нормализация											
Б	02	VNH-446 Вакуумная печь ERSTEVAK VNH-446										1				15	95
	03	Нормализовать заготовку															
	04																
А	05				020	4233 Токарная с ЧПУ (Установ А)											
Б	06	Mazak Integrex E-410H-S II Токарно-фрезерный центр Mazak										1				10	20
	07	Integrex E-410H-S II															
Т	08	SDJCR0808F07 JEL-DC07 Токарный контурный резец SDJCR0808F07 JEL-DC07; ПЗКП-315Ф8.95 Трехкулачковый самоцентрирующий патрон ПЗКП-															
	09	315Ф8.95; Сверло ⌀5; Сверло ⌀9															
	10																
А	11				025	0200 Контроль											
Б	12	НИИК-485 Координатно-измерительная система с ЧПУ НИИК-										1				10	5
	13	485															
	14																
А	15				030	4233 Токарная с ЧПУ (Установ Б)											
Б	16	Mazak Integrex E-410H-S II Токарно-фрезерный центр Mazak										1					
	17	Integrex E-410H-S II															

МК | Отчёт МК ф.1 Вал шлицевой .grb | 5.2

Рис. 5. Пример технологической документации (маршрутная карта)

4. Программирование обработки в CAM-модуле. Операция фрезерования шлицев (рис. 6) реализована с использованием токарно-фрезерного центра. Благодаря интеграции CAD и CAM технологические переходы привязаны непосредственно к геометрическим элементам 3D-модели, что обеспечивает однозначную интерпретацию исходных данных.

5. Проектирование контроля качества. В T-FLEX PLM разработаны карты контроля, интегрированные с техпроцессом. Определены контрольные точки, измеряемые параметры (размеры, твердость, шероховатость) и средства измерения, включая контрольно-измерительные машины с ЧПУ.

6. Термическая обработка. Выполнен анализ режимов термообработки стали 45 и выбор оборудования (вакуумная печь) с интеграцией этой операции в общий маршрут.

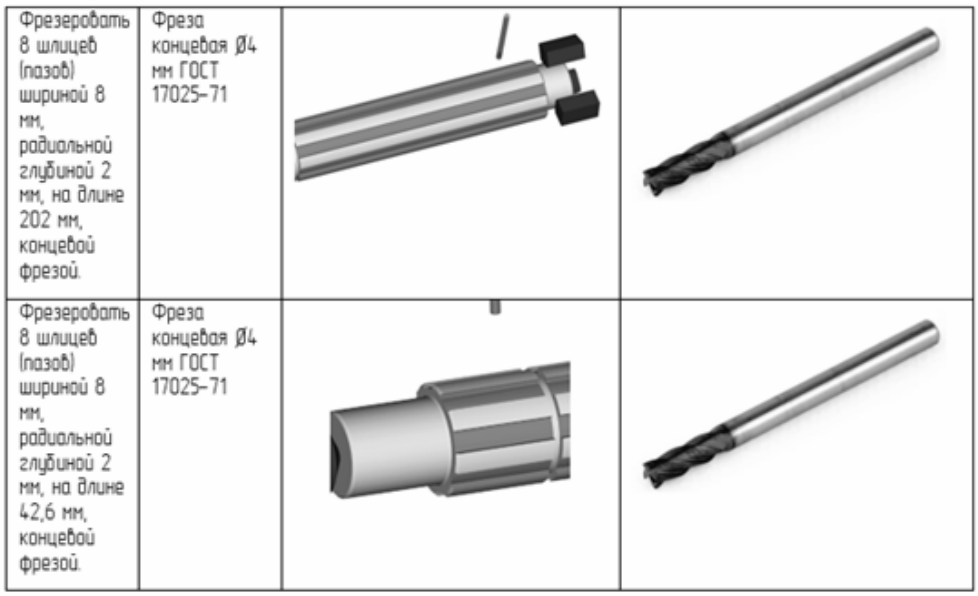


Рис. 6. Фрезерование шлицев на валу

Результаты и практическая значимость

Применение сквозного проектирования в T-FLEX PLM позволило:

- обеспечить непрерывность цифрового описания изделия на всех этапах технологической подготовки производства;
- исключить потерю данных и дублирование информации при переходе между проектированием, программированием и документированием;
- получить полный комплект технологической документации, сформированный автоматически на основе единой базы данных;
- создать управляющие программы для станков с ЧПУ, привязанные к исходной 3D-модели.

Разработанный технологический процесс изготовления шлицевого вала может быть использован в качестве типового решения для деталей класса «валы» на предприятиях машиностроения, внедряющих отечественную PLM-платформу T-FLEX.

Список литературы

1. Косов М.Г., Соболев А.Н. Автоматизированное проектирование на основе методологии нетвердотельного моделирования // Технология машиностроения. 2010. № 3. С. 44–48.
2. Косов М.Г., Кузнецов А.П., Соболев А.Н. Нетвёрдотельное проектирование. Принципы. Методы. Применение. М.: Янус-К, 2010. 275 с.
3. Прикладные программные средства автоматизированного проектирования изделий машиностроения / А.Н. Соболев [и др.]. М.: МГТУ «СТАНКИН», 2023. 141 с.
4. Основы автоматизированной технологической подготовки автоматизированного производства / А.Н. Соболев [и др.]. М.: МГТУ «СТАНКИН», 2023. 88 с.

Кахрамонов М.С.
студент,
t-64@mail.ru
Научный руководитель: ***Соболев А.Н.***
к.т.н., доцент,
МГТУ «СТАНКИН»,
Россия, Москва

РАЗРАБОТКА СТАНКА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ТРАВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР T-FLEX CAD

Аннотация. Представлены результаты проектирования устройства для измельчения растительных отходов (травы, сено, ботва) для малых фермерских и приусадебных хозяйств. Обоснована конструктивная схема с горизонтальным ножевым диском и переключаемым редуктором. Выполнен расчет зубчатых передач. В T-Flex CAD разработаны 3D-модели узлов, выполнена сборка, оформлена конструкторская документация по ЕСКД.

Ключевые слова: измельчитель травы, редуктор, ножевой диск, T-Flex CAD, трехмерное моделирование, малая механизация.

Введение

Современное развитие фермерских и приусадебных хозяйств требует внедрения средств малой механизации, позволяющих перерабатывать растительные отходы (траву, сено, ботву) в полезную продукцию: корма для животных, мульчу для растений или сырье для компоста [1-3]. Целью данного проекта является разработка станка для измельчения травы, предназначенного для использования в условиях частного хозяйства. В ходе работы решают-

ся следующие задачи: обоснование конструктивной схемы, технологический расчет основных узлов, разработка конструкторской документации с использованием САПР T-Flex CAD.

Основная часть

На основе анализа существующих конструкций в качестве базовой принята схема с резанием вращающимися ножами, которая обеспечивает качественный срез без размочаливания, простоту конструкции и возможность регулировки степени измельчения [1-3]. Анализ показывает, что оптимальная частота вращения рабочего органа для качественного измельчения травы составляет 750-1500 об/мин. При диаметре ножей 400 мм это обеспечивает необходимую окружную скорость резания, позволяющую получать чистый срез без разрыва волокон. Для привода выбран электродвигатель Accurax G5 Servo Motor мощностью 15 кВт с номинальной частотой вращения 1500 об/мин. Однако для разных типов сырья требуются разные режимы: для свежескошенной травы и сочных кормов оптимальна скорость 1500 об/мин, а для переработки сухого сена, соломы и грубых кормов требуется пониженная скорость 750 об/мин для увеличения крутящего момента и предотвращения перегрузки. Поскольку выбранный электродвигатель имеет фиксированную частоту вращения 1500 об/мин, в конструкции предусмотрен двухступенчатый переключаемый редуктор. Для получения на ножевом диске 1500 об/мин редуктор работает в режиме прямой передачи 1:1. Для получения 750 об/мин включается понижающая передача с общим передаточным отношением 2:1. Редуктор позволяет переключать режимы без остановки привода. Принимается следующая компоновочная схема: электродвигатель (1500 об/мин), двухступенчатый переключаемый редуктор (1:1 или 2:1), горизонтальный ножевой диск диаметром 400 мм.

Одна из задач проекта – разработка трехмерного цифрового двойника объекта машиностроения, содержащего расчетные задачи и геометрическую информацию [4, 5]. Проектирование редуктора выполнялось в системе автоматизированного проектирования T-Flex CAD с использованием специализированного приложения «T-FLEX Зубчатые передачи», предназначенного для расчета зубчатых передач, валов, подшипников и соединений. Режим 1 (прямая передача): 1500 об/мин – для свежей травы. Режим 2 (пониженная): 750 об/мин – для сухого сена. На основе выполненных расчетов в T-Flex CAD была создана трехмерная модель редуктора (рис. 1).

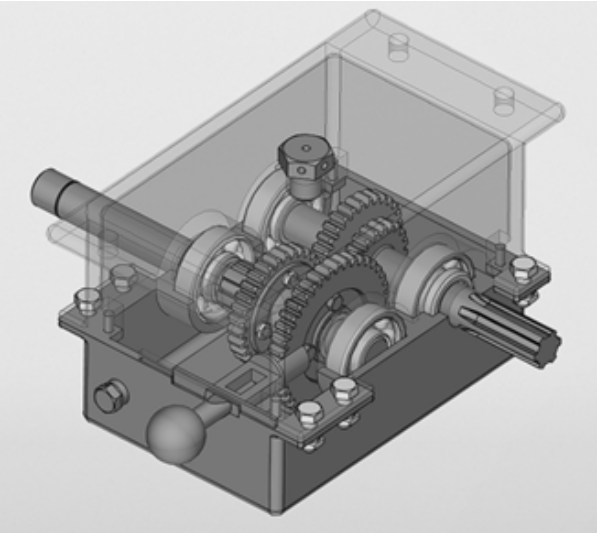


Рис. 1. Редуктор станка

Нож имеет 4 режущие кромки и устанавливается на вал шлицевым соединением (рис. 2). Каркас станка и подрамник для двигателя выполнены из стального горячекатаного уголка, который обладает высокой жесткостью, доступностью и низкой стоимостью (рис. 3).

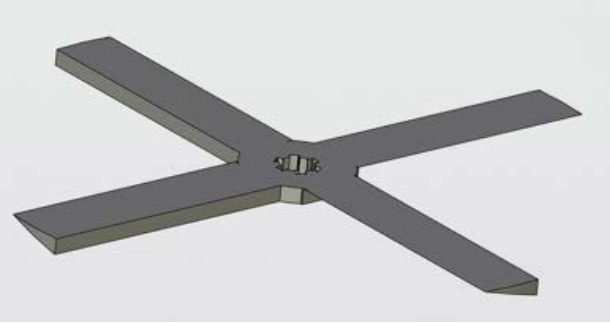


Рис. 2. Нож

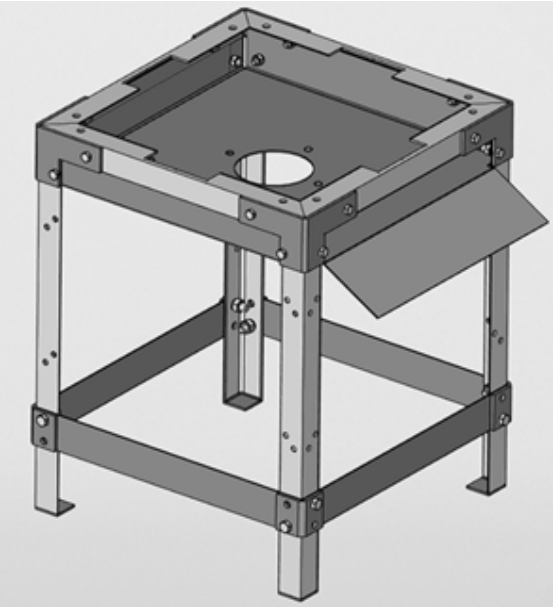


Рис. 3. Корпус станка

Поскольку редуктор имеет горизонтальное расположение выходного вала, а ножевой диск – вертикальный вал, возникла необходимость передачи вращения между валами под углом 90°. После рассмотрения вариантов было принято решение применить коническую зубчатую передачу с передаточным числом 1:1, которая выполняет исключительно функцию изменения направления вращения, не меняя частоты (рис. 4).

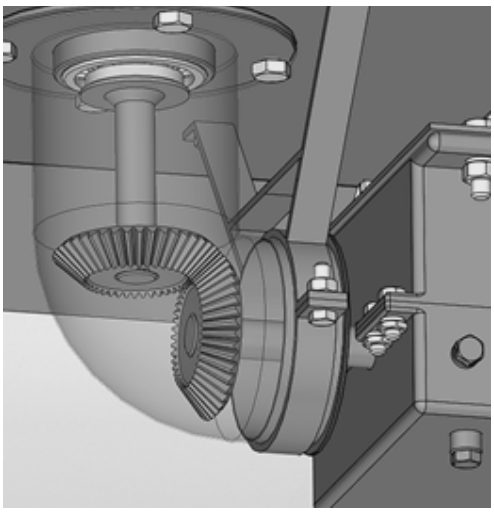


Рис. 4. Коническая передача

После завершения моделирования всех узлов была выполнена предварительная сборка в T-Flex CAD, которая подтвердила правильность компоновки, отсутствие пересечений и интерференций. Затем были разработаны и добавлены дополнительные детали: съемная крышка корпуса измельчителя, защитный кожух конической передачи, а также кнопка безопасности. После добавления всех элементов выполнена окончательная сборка, представляющая собой полное цифровое описание изделия (рис. 5). На основе завершенной трехмерной модели в соответствии с требованиями ЕСКД разработан полный комплект конструкторской документации: сборочные чертежи и спецификации для основного каркаса, стойки электродвигателя, редуктора и общего сборочного чертежа станка.

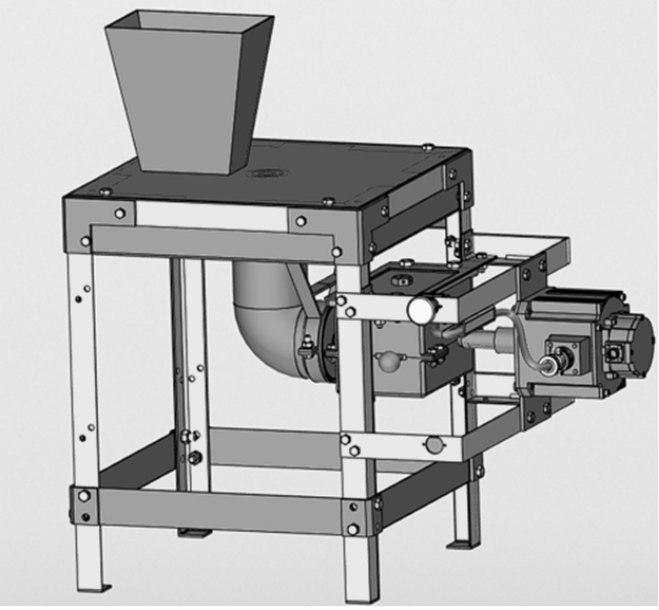


Рис. 5. Станок в сборе

Заключение

В результате выполнения проекта разработан станок для измельчения травы с переключаемым редуктором, обеспечивающим два скоростных режима (1500 и 750 об/мин на ножевом диске), что позволяет эффективно перерабатывать как свежую траву, так и сухое сено. Применение конической передачи 1:1 решило проблему сопряжения горизонтального вала редуктора с вертикальным валом ножа. С использованием T-Flex CAD созданы трехмерные модели всех узлов, проверена их собираемость и оформлена конструкторская документация по стандартам ЕСКД. Предложенное устройство может найти применение в частных хозяйствах и на малых фермах.

Список литературы

1. Кленин Н.И., Егоров В.Г. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: КолосС, 2008. 464 с.

6. ГОСТ Р ИСО 11448-2002. Передвижные измельчители и дробилки с автономным приводом. Требования безопасности и методы испытаний. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 14 с.

7. ГОСТ 12.2.042-91. Система стандартов безопасности труда. Машины и оборудование для животноводства и кормопроизводства. Требования безопасности. М.: Издательство стандартов, 1992. 12 с.

8. Косов М.Г., Кузнецов А.П., Соболев А.Н. Нетвёрдотельное проектирование. Принципы. Методы. Применение. М.: Янус-К, 2010. 275 с.

9. Экспериментальная модель оценки технико-экологических показателей станочного оборудования / А. Н. Соболев [и др.] // Вестник МГТУ «Станкин». 2016. № 1. С. 33-37.

Полежаев Д.Н.
студент,
Polezaevdanil10@gmail.com
Научный руководитель: ***Корбаков Д.А.***
к.т.н., доцент,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна
korbakov@mail.ru

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Аннотация. Необходимость разработки отечественной системы мониторинга серверных ресурсов связана с импортозамещением. Проблема заключается в отсутствии доступных, функциональных и простых во внедрении решений для малого и среднего бизнеса. Цель работы – создание системы с прогнозированием на основе метода скользящего среднего. Новизна заключается в применении упрощенной двухоконной модели скользящего среднего с оценкой достоверности прогноза через коэффициент вариации. Результатом является разработанный интерфейс с дашбордом.

Ключевые слова: мониторинг серверных ресурсов; метод скользящего среднего; прогнозирование временных рядов; проактивное управление; визуализация данных; импортозамещение.

Введение

С бурным ростом цифровой экономики критическое значение приобретает такой параметр как, стабильность информационной системы, в независимости от масштабов организации в которой эта система применяется.

К угрозам стабильности серверных систем относят не только внешние факторы, такие как DDoS-атаки и сбои электропитания, но и внутренние проблемы системы: утечки памяти, неоптимальные запросы к базам данных и перегрузка дисковых подсистем. В отсутствии системы непрерывного мониторинга эти проблемы очень часто остаются незамеченными вплоть до полного отказа системы.

В условиях импортозамещения программного обеспечения эта проблема встала наиболее остро. Многие популярные зарубежные решения либо полностью прекратили работу на территории Российской Федерации, либо сделали практически невозможным процесс лицензирования и оплаты. Из-за этого в сегменте доступных и функциональных систем мониторинга образовался вакуум, в особенности это коснулось представителей малого и среднего бизнеса, которые не располагают бюджетом для внедрения дорогостоящих решений.

Традиционные системы решают задачу с реактивным реагированием – они разработаны для того, чтобы фиксировать уже произошедшие события и уведомлять о них администратора. Однако в современной парадигме этого становится недостаточно. Все чаще требуется применять проактивный подход, он позволяет предсказать потенциальную проблему еще до ее возникновения, что дает возможность среагировать и принять необходимые меры, оптимизировать нагрузку или провести профилактические работы в наименее критичное время.

Таким образом, разработка отечественной системы мониторинга серверных ресурсов, которая позволяет собирать метрики в реальном времени, визуализировать данные и строить прогнозы, считается актуальной и значимой задачей.

Анализ рынка

Не смотря на наличие как коммерческих, так и открытых систем мониторинга, они обладают рядом существенных ограничений, в частности для выбранного рынка.

Для начала стоит рассмотреть такой параметр как сложность внедрения и настройки системы. Чтобы внедрить системы, ставшие стандартом индустрии мониторинга, необходимо иметь персонал с достаточной квалификацией, способный не только установить систему, но и настроить все необходимы правила и параметры, что для малого и среднего бизнеса, не располагающего штатом IT-специалистов, становится серьезным барьером.

Кроме этого значительным параметром является стоимость таких решений. Базовый функционал подобных систем способен закрыть исключительно сбор и отображение получаемых метрик, а прогнозирование доступно исключительно в премиальных тарифах. Так же стоит отметить что зачастую функционал подобных комплексных систем является избыточным, поскольку в настоящее время ярким трендом является переход к «единой платформенной модели», что безусловно важно для клиентов с крупными инфраструктурами, а для небольших организаций подобных функционал не нужен. А стоимость полного комплекта функций, большая часть которых не будет использована придется заплатить весьма серьезную сумму.

Таким образом на российском рынке образовался весьма заметный разрыв между сложными, комплексными решениями со значительными ресурсами на внедрение, и потребностями малого бизнеса и образовательных организаций в легком, функциональном и доступном инструменте.

Проведенный анализ позволяет увидеть несколько целевых сегментов, для которых подобная система имеет наибольший практический интерес.

Предприятия малого и среднего бизнеса, как правило, не имеют выделенного бюджета на IT-направление и не способны позволить себе ни приобретение дорогостоящей лицензии, ни содержание специалиста по мониторингу. Но при этом стабильность для них критически важна, поскольку простой интернет-магазина или CRM-системы напрямую конвертируется в финансовые потери. Разработанная система легко разворачивается штатными силами, потребляет минимум вычислительных ресурсов, а также имеет достаточно простой и информативный интерфейс, в котором достаточно просто разобраться.

Университеты, колледжи и учебные центры остро нуждаются в доступных инструментах для обучения специалистов по направлениям системного администрирования и информационной безопасности. Использование дорогостоящих систем в обучении экономически нецелесообразно. Разработанная система может использоваться как учебный стенд, с помощью которой студенты смогут понять принципы сбора метрик, анализа временных рядов и прогнозирования. А также благодаря открытому коду и простоте архитектуры, смогут модифицировать код для исследовательских задач, а также в качестве методических материалов для курсов по программированию на Python и администрированию серверов.

Таким образом, разработанная система заполнит нишу, предлагая клиентам доступное и функциональное решение.

Методы прогнозирования системных метрик

Для прогнозирования поведения системных метрик применяется анализ временных рядов – последовательности измерений, упорядоченных во времени.

Для начальной стадии отладки функционала был выбран метод скользящего среднего (Moving Average) он относится к классу простейших статистических методов сглаживания временных рядов. Выбор данного метода для разрабатываемого метода обусловлен следующими факторами: Простота реализации, низкая сложность вычислений и достаточная точность для кратковременных прогнозов. Благодаря этому, метод скользящего среднего представляет собой оптимальный компромисс между точностью прогнозирования и эффективностью для фонового мониторинга серверных ресурсов.

В разработанной системе прогнозирование базируется на основе вычисления двух скользящих средних с разными периодами и последующей экстраполяцией наблюдаемого тренда.

$$SMA_n(t) = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1} x_{t-i}, \quad (1)$$

где $SMA_n(t)$ – значение скользящего среднего в момент времени t для окна размером n; x_{t-I} – значение метрики в момент времени t-i; n – размер окна усреднения (количество учитываемых измерений).

Для целей прогнозирования в системе вычисляются два значения SMA с разными размерами окна:

Короткое окно n_{short} – отражает текущую, наиболее актуальную тенденцию.

Длинное окно n_{long} – сглаживает случайные выбросы и показывает общий тренд

Разность между коротким и длинным окном скользящим средним интерпретируется как индикатор направления и силы текущего тренда:

$$\Delta_{trend} = SMA_{short} - SMA_{long}, \quad (2)$$

Если $\Delta_{trend} > 0$, наблюдается восходящий тренд (значения метрики растут); если $\Delta_{trend} < 0$, – нисходящий тренд; если $\Delta_{trend} = 0$ – метрика стабильна.

Прогноз следующего значения метрики x_{t+1} вычисляется путем экстраполяции короткого скользящего среднего с учетом наблюдаемого тренда.

$$x_{t+1} = SMA_{short} + \Delta_{trend}, \tag{3}$$

Для прогнозирования на k вперед используется экстраполяция тренда:

$$x_{t+k} = x_{t+1} + k * \alpha, \tag{4}$$

где α – средний прирост метрики за один шаг, вычисляемый как:

$$\alpha = \frac{x_t - x_{t-m+1}}{m}, \tag{5}$$

где m – количество шагов, по которым оценивается тренд (равно размеру длинного окна)

Для оценки достоверности прогноза используется коэффициент вариации (CV) – безразмерная мера относительного разброса данных

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}, \tag{6}$$

где: σ – среднеквадратичное отклонение значений в окне наблюдения; μ – среднее арифметическое значений в окне наблюдения.

Уверенность в прогнозе C (в процентах) определяется как:

$$C = \max(0, \min(100, (1 - CV) * 100\ \%))$$

Чем меньше относительный разброс данных, тем выше уверенность в прогнозе. При $CV \geq 1$ уверенность принимается равной нулю – система сигнализирует о высокой волатильности и ненадежности прогноза.

Визуализация

Визуализация данных – это ключевой компонент любой системы, поскольку именно с его помощью пользователь воспринимает состояние системы и принимает управленческие решения. Разработанный веб-интерфейс предоставляет интуитивно понятный дашборд, который объединяет все функции системы в едином окне браузера.

На рисунке 1 представлен общий вид главной страницы, на которой располагается панель с ключевыми показателями, обновляющимися в реальном времени, а также боковую панель с вспомогательными функциями, которую можно свернуть и расширить рабочую область.

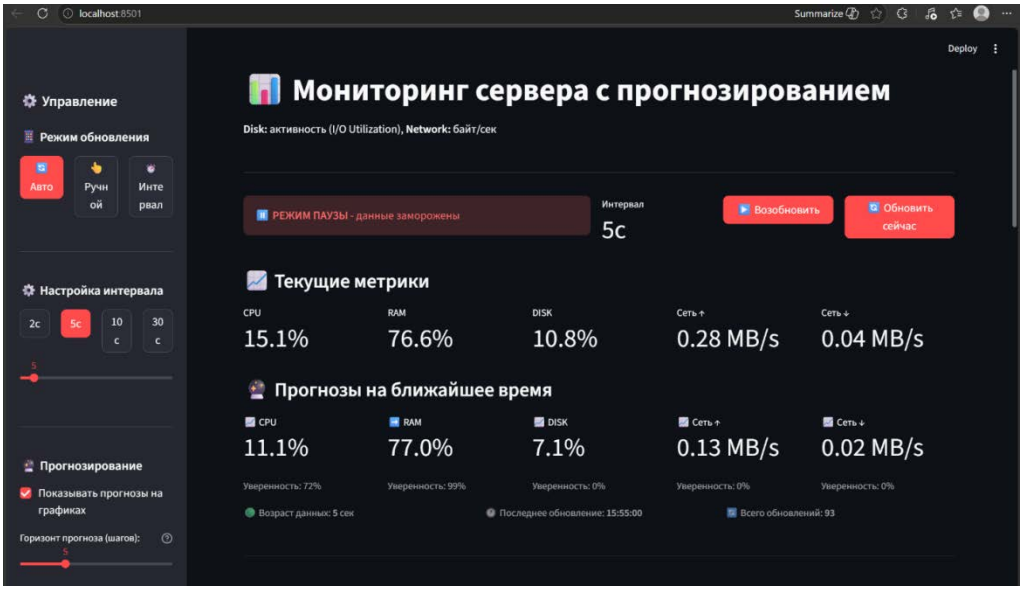


Рис. 1. Главная страница

Центральную часть дашборда занимают интерактивные графики, отображающие историю измерения каждой метрики. На каждом графике есть: сплошная линия – реальные исторические данные, пунктирная линия с точками – прогнозное значения, горизонтальная пунктирная линия – пороговые значения для данной метрики, всплывающие подсказки – при наведении на любую точку графика отображается точное время измерения и значение, что удобно использовать при детальном анализе. Что можно увидеть на рисунках 2, 3.

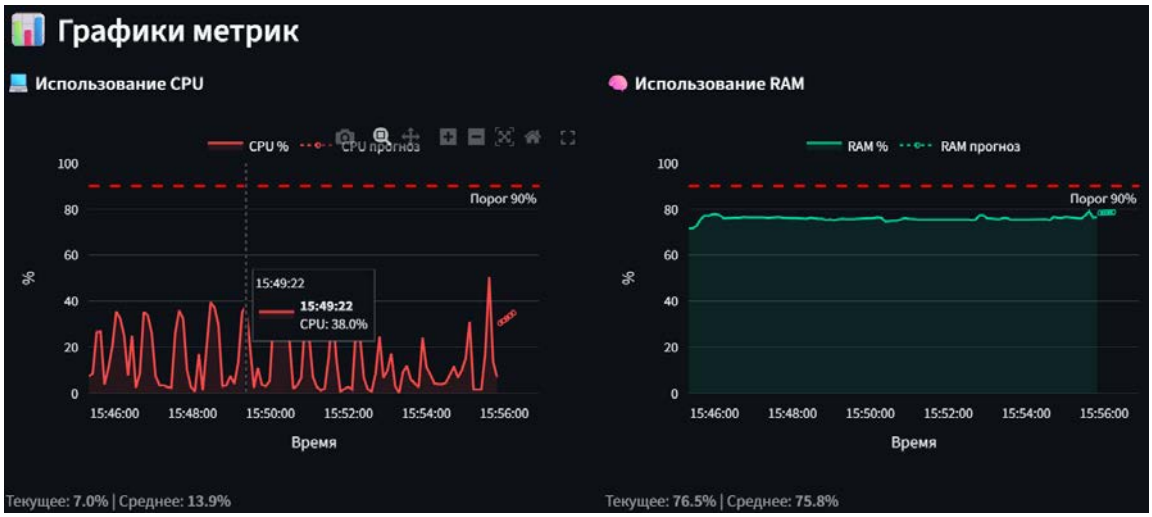


Рис. 2. Графики использования CPU и RAM

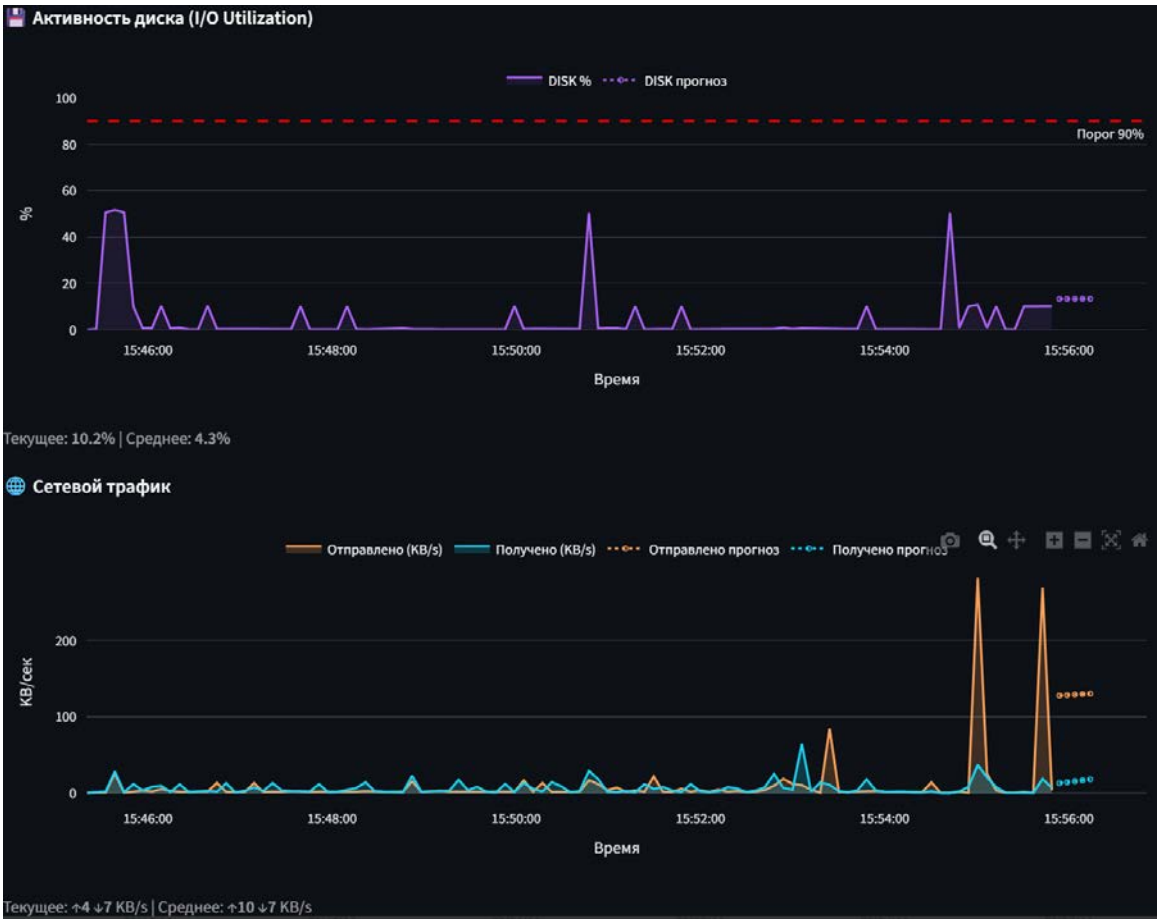


Рис. 3. Графики активности диска и использования сетевого трафика

Заключение и направления дальнейшего развития

Разработанная система мониторинга представляет собой законченный продукт, готовый к использованию, но вместе с тем в ходе проектирования были выявлены перспективные направления для совершенствования системы:

Был рассмотрен вариант улучшения алгоритмов, применяемых для прогнозирования, для достижения большей точности, а также для того чтобы иметь возможность учитывать сезонность нагрузки, а также возможность внедрения машинного обучения при накоплении достаточного объема данных.

Помимо этого, рассматривается возможность добавления таблицы с сохранением пиковых значений, превышающими верхний порог, с указанием параметра, времени и значения, а

также системы уведомлений на почту или в мессенджер администратору. Это поможет не пропустить важное изменение в получаемых параметрах даже в случае, если сотрудник, ответственный за наблюдение по какой-то причине мог пропустить изменение параметров.

Реализация описанных улучшений позволит трансформировать систему из инструмента пассивного наблюдения в полноценную платформу управления серверной инфраструктурой, которая сможет не только предсказывать проблемы, но и своевременно информировать о них.

Список литературы

1. Кузнецов А.В. Применение метода скользящего среднего для прогнозирования временных рядов // Научные труды университета: сборник статей / под ред. И.И. Смирнова. URL: http://www.scientificpapers.ru/forecasting/2023 (дата обращения: 27.02.2026).
2. Петрова Н.С. Анализ и прогнозирование временных рядов с использованием методов скользящего среднего // Вестник математических исследований: журнал. URL: http://www.mathresearchjournal.ru/2023/average (дата обращения: 27.02.2026).
3. Смирнов В.П. Модели прогнозирования временных рядов: метод скользящего среднего и его вариации // Научный вестник: сборник статей. URL: http://www.scientificherald.ru/2024/models (дата обращения: 27.02.2026).
4. Васильев К.Ю. Эффективность метода скользящего среднего в анализе временных рядов // Научные исследования и разработки: журнал. URL: http://www. science-researchjournal.ru/2023/effectiveness (дата обращения: 27.02.2026).

Пересторонин А.М.
студент,
akimperes@gmail.com
Научный руководитель: ***Крюков М.С.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНВЕЙЕР ГЕНЕРАТИВНОГО СИНТЕЗА СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО OPENSCAD-СЦЕНАМ С ВОКСЕЛЬНОЙ SIMP-ОПТИМИЗАЦИЕЙ

Аннотация. В статье представлен программный конвейер генеративного синтеза соединительных элементов по параметрическим OpenSCAD-сценам. Подход объединяет семантический разбор сцены, вокселизацию расчётной области, конечно-элементный анализ, топологическую оптимизацию по схеме SIMP и экспорт результата в инженерные форматы. На архивных расчётах показано, что в рассмотренных сценариях система автоматически формирует связные конструкции соединительных элементов и допускает переход от задач средней размерности к более крупным постановкам с матрично-свободным решателем.

Ключевые слова: OpenSCAD; генеративный дизайн; топологическая оптимизация; конечно-элементный анализ; воксельная модель; соединительные элементы.

Введение

Топологическая оптимизация рассматривается как один из наиболее эффективных инструментов поиска рациональной конфигурации несущих конструкций при ограничении по объёму материала [1, 5, 6]. Вместе с тем в прикладных инженерных задачах ключевое значение имеет не только сам оптимизационный алгоритм, но и способ его включения в проектный процесс. При работе с соединительными элементами между уже существующими деталями основная трудность обычно связана с подготовкой расчётной модели: геометрию удобно менять параметрически, однако граничные условия, сохраняемые зоны и запрещённые области приходится заново задавать в отдельном CAE-препроцессоре.

Целью настоящей работы является разработка и апробация программного конвейера, в котором параметрическая OpenSCAD-сцена выступает единым источником геометрии и инженерной семантики. Такой подход позволяет объединить описание объекта, автоматическое построение проектной области, конечно-элементный расчёт, плотностную оптимизацию и экспорт результата в одной воспроизводимой цепочке. Практическая направленность работы соответствует современному пониманию генеративного проектирования как сочетания методов оптимизации и инженерного рабочего процесса [2].

Методика построения расчётной модели

Исходными данными служит OpenSCAD-сцена, дополненная семантическими комментариями GD_SCENE и GD_ENTITY. В блоке GD_SCENE задаются численные параметры расчёта: шаг вокселизации, целевая доля материала, параметры фильтрации и проекции, а также режим решения системы уравнений. В блоке GD_ENTITY для каждого объекта указываются его роль в сборке, материал, условия закрепления, нагрузка и логические признаки сохранения либо исключения области из проектирования. Благодаря этому геометрия и постановка механической задачи формируются в одном текстовом описании, что соответствует параметрической природе OpenSCAD [4].

После синтаксического разбора сцены строится регулярная трёхмерная решётка. Для центров ячеек вычисляются маски anchor, load, preserve, obstacle и design, определяющие закреплённые, нагруженные, сохраняемые, запрещённые и проектируемые зоны. Далее автоматически формируется конечно-элементный контекст: множество активных элементов и узлов, матрица связности, вектор внешних сил и набор закреплённых степеней свободы. Схема предлагаемого конвейера приведена на рис. 1.

Рис. 1. Схема программного конвейера: от OpenSCAD-сцены к построению расчётной модели, оптимизации и экспорту результата

Оптимизация проводится в постановке линейной изотропной упругости. Материал в проектной области описывается плотностями элементов, а жёсткость интерполируется по схеме SIMP. Для уменьшения числа промежуточных плотностей используются фильтрация, проекция и постепенное увеличение штрафного параметра, что соответствует широко применяемым подходам плотностной топологической оптимизации [1, 5, 7]. После завершения итерационного процесса выполняется бинаризация с учётом связности: выделяется пространственная структура, действительно соединяющая нагруженную и опорную области, а затем удаляются одиночные и слабосвязанные воксели. Итоговая конструкция экспортируется в форматы, пригодные для дальнейшей CAD- и CAE-обработки.

Программная реализация

Программный комплекс включает модули синтаксического разбора сцены, геометрической подготовки, конечно-элементного анализа, оптимизации, визуализации и экспорта. Парсер поддерживает базовые примитивы, операции translate и rotate, булевы операции union и difference, а также пользовательские модули. Геометрический модуль отвечает за построение ограничивающего объёма и регулярной решётки, а расчётный модуль формирует конечно-элементную модель и выбирает режим решения в зависимости от масштаба задачи.

Для задач умеренной размерности используется классическая разреженная сборка с итерационными решателями CG/BiCGSTAB. При увеличении числа степеней свободы система переходит к матрично-свободному режиму, в котором оператор жёсткости применяется к вектору по блокам элементов без явной полной сборки матрицы. Такое решение снижает требования к памяти и делает возможным перенос одной и той же сценовой постановки на более детальные дискретизации. Подход к конечно-элементной сборке соотносится с практиками, применяемыми в современных Python-пакетах для МКЭ, в том числе scikit-fem [3].

Дополнительно комплекс сохраняет служебные артефакты metrics.csv, status.json и изображения промежуточных состояний, что удобно для последующего анализа и оперативного мониторинга через пользовательский интерфейс.

Результаты вычислительных экспериментов

Работоспособность конвейера оценивалась на задаче синтеза соединительного элемента между двумя моторно-энкодерными сборками. В расчётной постановке верхний вал нагружался силой −1000 Н, а нижний двигатель рассматривался как закреплённый. На рис. 2 показаны этапы завершённого архивного сценария с шагом вокселизации 0,5 мм: исходная сцена, стартовый заполненный объём, полученный соединительный элемент и распределение эквивалентных напряжений.

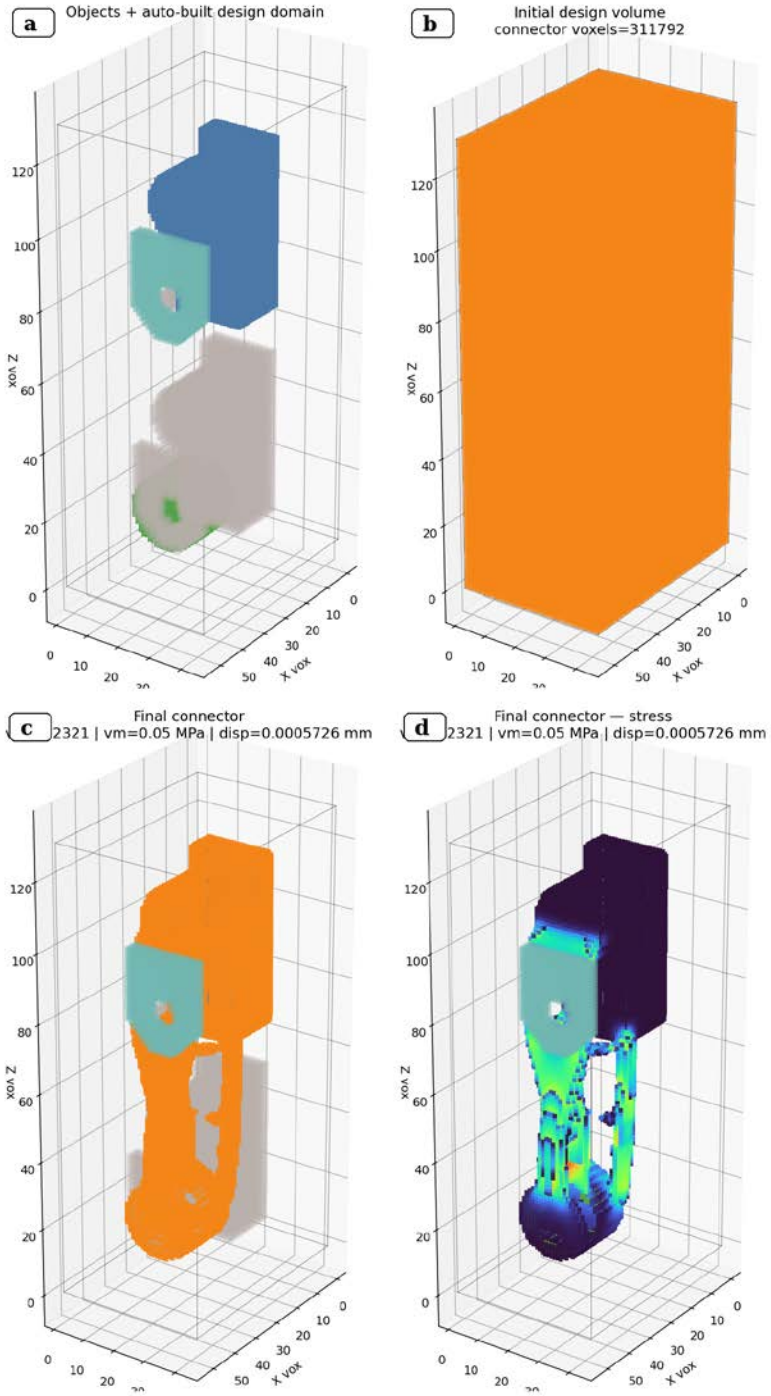


Рис. 2. Результаты завершённого архивного сценария с шагом 0,5 мм: а – объекты и проектная область; б – начальный проектный объём; в – итоговый соединительный элемент; г – распределение эквивалентных напряжений

В завершённом сценарии с шагом 0,5 мм проектная область содержала 311 792 вокселя, а конечно-элементная постановка – 1 131 840 степеней свободы. За 36 итераций был получен итоговый соединительный элемент из 12 321 вокселя объёмом 1540,125 мм³. Для финальной бинарной конфигурации максимальное эквивалентное напряжение составило 0,0487 МПа, а максимальное перемещение – 0,000573 мм. Характер изменения основных метрик по итерациям показан на рис. 3: по мере уменьшения объёма материала система выходит на устойчивый режим, а значения комплаенса, напряжений и перемещений стабилизируются.

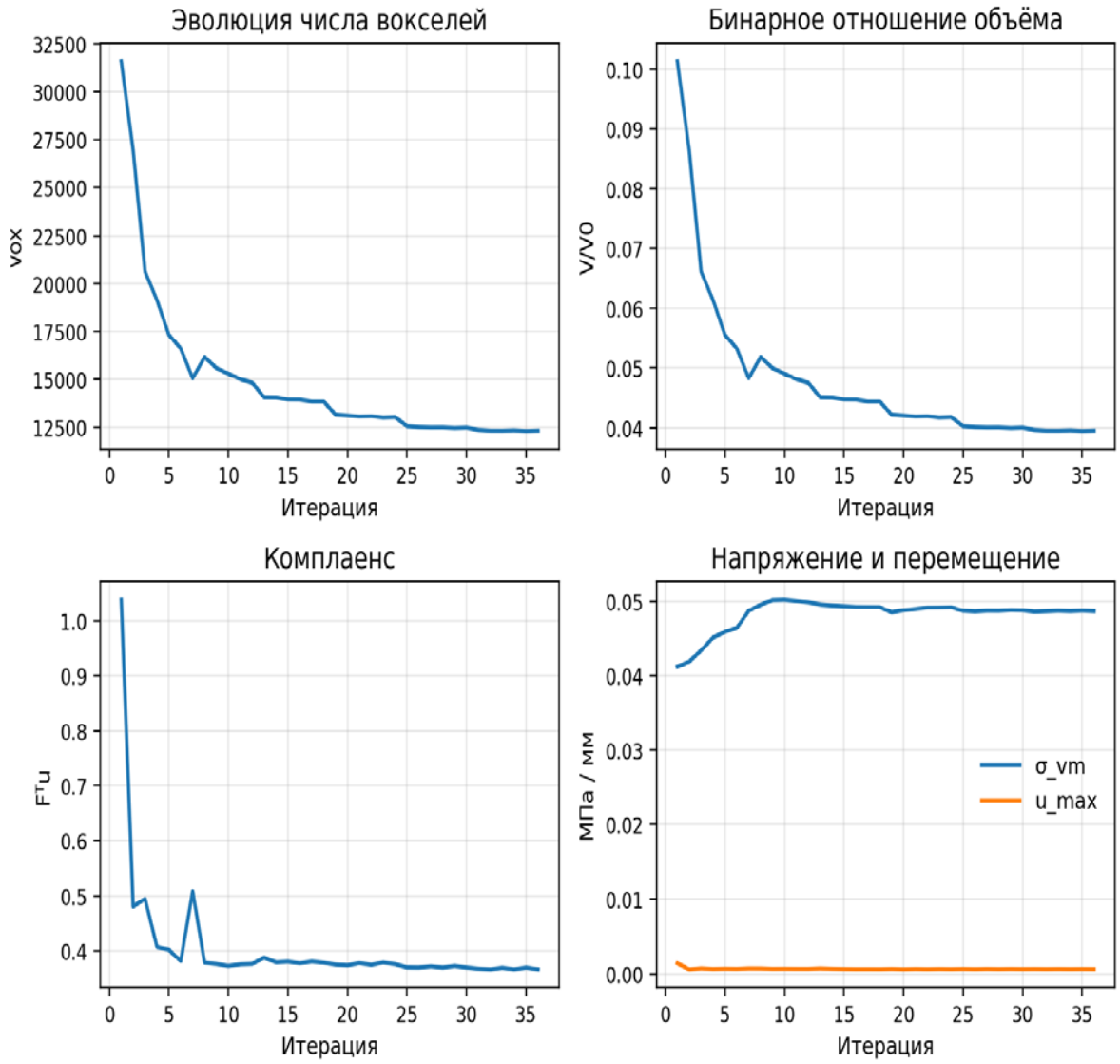


Рис. 3. Эволюция основных метрик в завершённом сценарии с шагом 0,5 мм

Дополнительный сценарий с шагом 0,2 мм использовался для проверки масштабируемости предложенного решения. Для него расчётная система оценивалась примерно в 3,21 млн степеней свободы, вследствие чего был автоматически выбран матрично-свободный режим решения. На 37-й сохранённой итерации получена конфигурация из 50 792 вокселей при объёмной доле 0,0769. Сопоставление двух репрезентативных архивных сценариев приведено в таблице.

Таблица

Сопоставление архивных сценариев расчёта

Сценарий	Шаг, мм	Проектная область, vox	DOF и режим	Итоговый элемент, vox	σ_vm, max / u_max
Средний, завершённый	0,5	311 792	1,13 млн / CG	12 321	0,0487 МПа / 0,000573 мм
Высокое разрешение	0,2	660 911	3,21 млн / matrix-free CG	50 792	0,1654 МПа / 0,001332 мм

Полученные сценарии не являются строго эквивалентными для чистого исследования влияния шага дискретизации, поскольку различаются также отдельными служебными параметрами. Тем не менее результаты демонстрируют практически значимое свойство предложенного конвейера: одна и та же сценовая постановка может быть перенесена от завершённого среднего запуска к существенно более крупной расчётной задаче без изменения принципов задания геометрии и граничных условий. Для инженерного прототипирования это означает снижение трудоёмкости при переходе от чернового поиска формы к более детальной постановке.

Заключение

В работе предложен программный конвейер генеративного синтеза соединительных элементов по параметрическим OpenSCAD-сценам. Его основное достоинство состоит в объединении геометрического описания, инженерной семантики, автоматической подготовки расчётной модели, конечно-элементного анализа, плотностной оптимизации и экспорта результата в одной воспроизводимой цепочке. На архивных расчётах показано, что в рассмотренных сценариях система обеспечивает получение связных конструкций соединительных элементов и поддерживает переход к задачам с миллионами степеней свободы.

Перспективы дальнейшего развития связаны с введением явных ограничений на напряжения и перемещения, поддержкой нескольких случаев нагружения, технологических ограничений аддитивного производства, а также с автоматическим сглаживанием и уплотнением экспортируемой геометрии перед передачей в CAD/CAE-среду.

Список литературы

1. Andreassen E., Clausen A., Schevenels M., Lazarov B. S., Sigmund O. Efficient topology optimization in MATLAB using 88 lines of code // Structural and Multidisciplinary Optimization. 2011. Vol. 43, no. 1. P. 1–16.

2. Birosz M. T., Bátorfi J. G., Andó M. Extending the usability of the force-flow based topology optimization to the process of generative design // Meccanica. 2023. Vol. 58. P. 607–618.

3. Gustafsson T., McBain G. D. scikit-fem: A Python package for finite element assembly // Journal of Open Source Software. 2020. Vol. 5, no. 52. Art. 2369.

4. OpenSCAD Developers. OpenSCAD Documentation. URL: https://openscad.org/ documentation (дата обращения: 10.04.2026).

5. Sigmund O., Maute K. Topology optimization approaches: A comparative review // Structural and Multidisciplinary Optimization. 2013. Vol. 48, no. 6. P. 1031–1055.

6. Tang T., Wang L., Zhu M., Zhang H., Dong J., Yue W., Xia H. Topology Optimization: A Review for Structural Designs Under Statics Problems // Materials. 2024. Vol. 17, no. 23. Art. 5970.

7. Wang F., Lazarov B. S., Sigmund O. On projection methods, convergence and robust formulations in topology optimization // Structural and Multidisciplinary Optimization. 2011. Vol. 43, no. 6. P. 767–784.

Вольвач Н.А.
студент,
nazarvolvach@yandex.ru
Научный руководитель: ***Кесель С.А.***
к.т.н., доцент,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДПИСИ СОТРУДНИКА

Аннотация. Решена задача автоматизации идентификации личности по рукописной подписи. Цель – разработка распознавателя на базе многоузловой нейронной сети. Методология включала обучение сети на выборке реальных рукописных подписей. Достигнута точность 93,83 % при существенном сокращении времени идентификации по сравнению с ручной экспертизой. Новизна подхода заключается в иерархической организации бинарных классификаторов с возможностью добавления новых лиц и перспективой интеграции в документооборот и системы контроля и управления доступом, что отличает его от многоклассовых методов.

Ключевые слова: рукописная подпись, нейронные сети, идентификация личности, распознавание подписи, машинное обучение.

В связи с активным ростом экономической и социальной сферы в государстве происходит динамичная цифровая трансформация всех сфер деятельности человека, в том числе документооборота и систем контроля и управления доступом. Несмотря на распространение электронной цифровой подписи, рукописная подпись остается доминирующим и юридически значимым способом верификации документов в таких сферах, как трудовые отношения, государственное управление, а также личная ответственность и безопасность. Ее популярность обусловлена уникальностью, надежностью и простотой использования, однако экспертиза подлинности подписи, выполняемая человеком, является трудоемким и затратным по времени процессом.

Нейросетевые подходы помогают решать задачи распознавания образов, прогнозирования и автоматизации даже в условиях неопределенности. В данном контексте особо остро встает вопрос автоматизации процессов идентификации личности путем внедрения нейросетевых технологий. Они позволяют не только сохранить высокую точность верификации, но и значительно сократить временные затраты на обработку рукописных подписей, оставаясь эффективными наравне с человеческими возможностями.

В отличие от классических многоклассовых методов, требующих переобучения модели при добавлении нового класса для идентификации, в настоящей работе предложена иерархическая архитектура на основе дерева дихотомии. Каждый узел этого дерева представляет собой отдельный бинарный классификатор. При спуске по иерархии пройденные узлы повторно не опрашиваются. Такой подход обладает своими преимуществами: позволяет масштабировать систему без полного переобучения, а также структура снижает вычислительную сложность идентификации, поскольку не всегда приходится проходить все узлы. Это особенно важно при интеграции системы в существующий документооборот или системы контроля и управления доступом.

Для составления оценки был проведен анализ существующих на рынке программных продуктов. В качестве зарубежных аналогов рассматривались системы Progress Soft и Smart Engine. Первая не может использоваться в российском сегменте в связи с требованиями импортозамещения – указы президента Российской Федерации № 166 и № 250. Вторая решает лишь задачу обнаружения факта наличия подписи на документе, не идентифицируя владельца. Отечественная разработка компании NFP автоматизирует проверку печатей и подписей, но не выполняет идентификацию личности.

Формирование выборки

Для решения задачи по идентификации человека по его подписи, изображенной на фотографии, была сформирована обучающая выборка, состоящая из 340 изображений. Из данной выборки 220 фотографий были обучающими для системы распознавания. Другие 120 изображений являлись проверочными и служили для определения оценки качества распознавания.

Изображения были получены путем сбора подписей у реальных людей. Были реализованы 6 классов фотографий, каждый класс соответствовал одному человеку и включал в себя 40 экземпляров подписи. Также был реализован отдельный класс из 100 фотографий, в который входили подписи «случайных» людей, каждая подпись в данном классе была представлена в одном экземпляре.

Далее снимки для машинного обучения подверглись сжатию до размера 224 на 224 пикселя. Это необходимо для того, чтобы дисковое пространство могло вместить большее количество данных, а также для снижения нагрузки обработки изображений системой распознавания.

Сжатые фотографии были разделены на каталоги, обозначающие класс распознаваемой подписи, т.е. каждый класс соответствовал подписи одного человека, который входил в список тех, кого должна распознать интеллектуальная система. Было сформировано 6 целевых классов, каждый из которых соответствовал одному добровольцу. На рисунке 1 представлены образцы подписей для каждого из шести участников.

Рис. 1. Примеры фотографий из распознаваемых классов

Класс со «случайными» подписями включал в себя 100 уникальных экземпляров. Примеры некоторых подписей из данного класса изображены на рисунке 2.

Рис. 2. Примеры фотографий из класса со «случайными» подписями

Обучение нейронных сетей для бинарной классификации

В качестве способа реализации нейронной сети был выбран метод множества нейронных сетей, основанных на бинарной классификации. Суть данного подхода к решению задачи заключается в том, что для классификации используется дерево дихотомии, где каждый узел представлен отдельной нейронной сетью, распознающей свою определенную подпись от всех остальных. Дерево дихотомии для классификации подписей, описанных выше, представлено на рисунке 3.

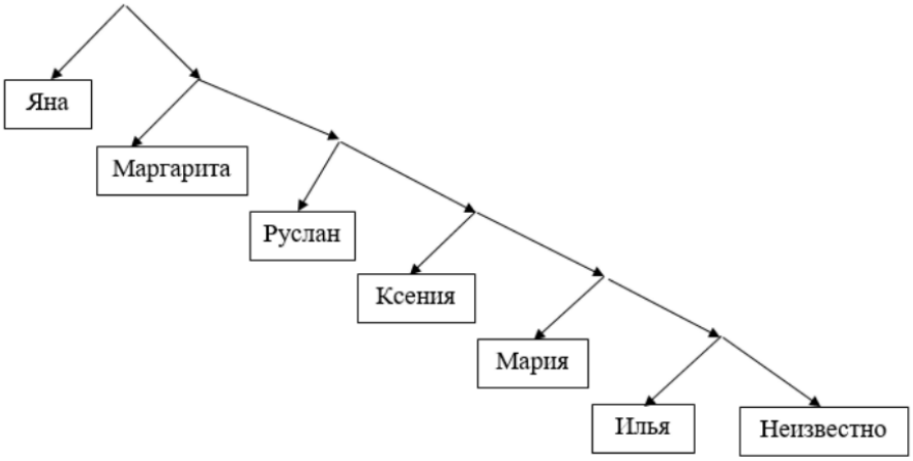


Рис. 3. Дерево дихотомии для идентификации человека по его подписи

Таким образом, на каждом из узлов дерева распознается только один класс подписей от всех остальных вариантов. Причем, по мере передвижения вниз по дереву, количество классов, которые ставятся в противовес распознаваемому на узле, уменьшается. Если рассматривать первый узел дерева, то нейронная сеть отделяет подписи сотрудника от всех остальных. На последующих узлах дерева подписи этого сотрудника уже использоваться не будут.

После того, как нейронная сеть сделает предположение об отношении рассматриваемой подписи к некоторому из распознаваемых классов, дальнейший обход дерева можно прекращать, что снижает вычислительную сложность алгоритма. Действительно, если на каждом из узлов нейронная сеть работает с высокой вероятностью выдачи достоверного ответа, то многоузловой сети не нужно проводить дальнейшие расчеты на каждом из узлов. Если на одном из узлов появился признак отношения рассматриваемой подписи к некоторому классу, то с высокой долей вероятности на последующих узлах такого признака не появится.

Анализ результатов обучения

Обучение нейронных сетей происходило по принципу, описанному ранее. Графики зависимости точности (доля правильных ответов) нейронной сети от количества эпох для каждого из узлов сети представлены на рисунке 4.

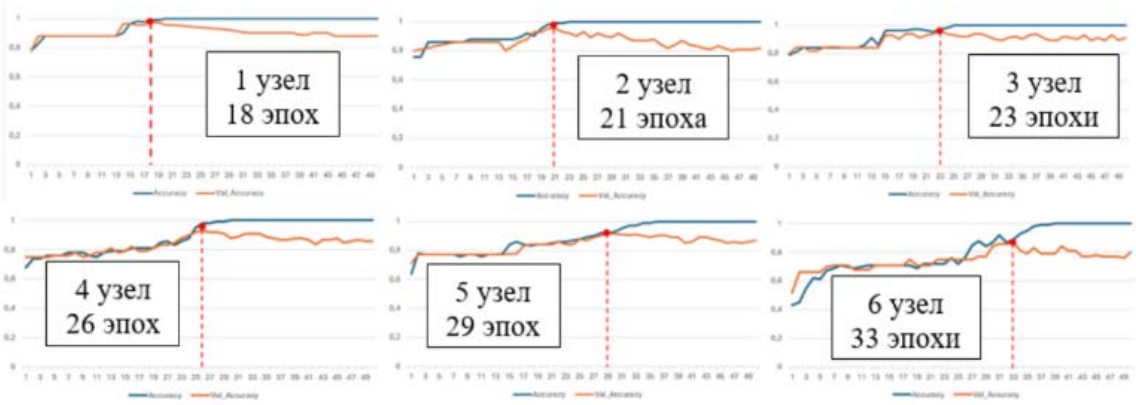


Рис. 4. Графики зависимости точности нейронной сети от количества эпох

Графики зависимости потерь от количества эпох для каждого из узлов сети представлены на рисунке 5.

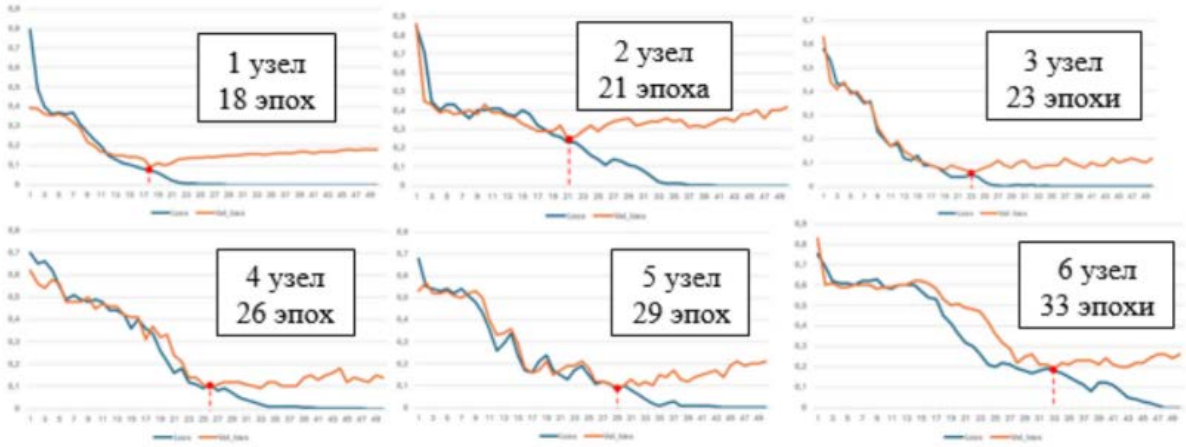


Рис. 5. Графики функции потерь

Увеличение количества эпох при движении по дереву дихотомии многоузловой нейронной сети связано с уменьшением экземпляров фотографий с каждым новым узлом. Объем обучающей выборки на каждом последующем уровне иерархии уменьшается за счет исключения уже идентифицированных классов.

Матрицы ошибок для каждого из шести узлов многоузловой нейронной сети представлены на рисунке 6.

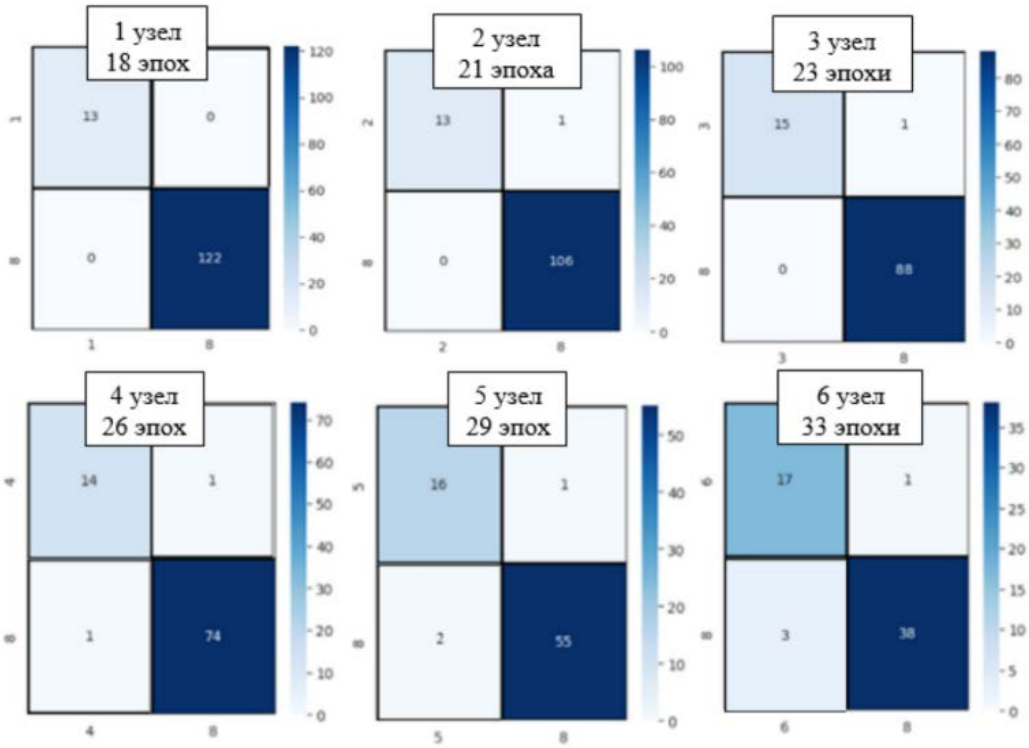


Рис. 6. Матрицы ошибок для каждого из узлов сети

Вышеперечисленные данные помогают сделать вывод, что каждая нейронная сеть по отдельности обучалась на достаточно эффективном уровне, чтобы на их основе можно было создать многоузловую нейронную сеть. После обучения каждой нейронной сети были сформированы веса. Полученные весовые коэффициенты были сохранены и в дальнейшем использованы при работе приложения.

В таблице представлены результаты обучения для каждого из узлов многоузловой нейронной сети.

Таблица

Результаты обучения всех узлов нейронной сети

Номер узла	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Объем выборки	340	300	260	220	180	140
Объем обучающей выборки	204	180	156	132	108	84
Объем проверяющей выборки	136	120	104	88	72	56
Количество эпох обучения	18	21	23	26	29	33
Точность распознавания	97,48 %	95,24 %	95,6 %	93,21 %	91,15 %	89,78 %

Создание и тестирование графического интерфейса

Для взаимодействия пользователя с разработанной системой был реализован графический интерфейс, позволяющий загружать изображение с рукописной подписью и получать результат идентификации. Начальная страница разработанного приложения представлена на рисунке 7.

Рис. 7. Начальная страница оконного приложения

При успешной идентификации система выводит имя сотрудника и одну из подписей, которые использовались во время обучения модели, в противном случае – сообщение о неизвестном образце. Работа приложения продемонстрирована на рисунках 8-11.

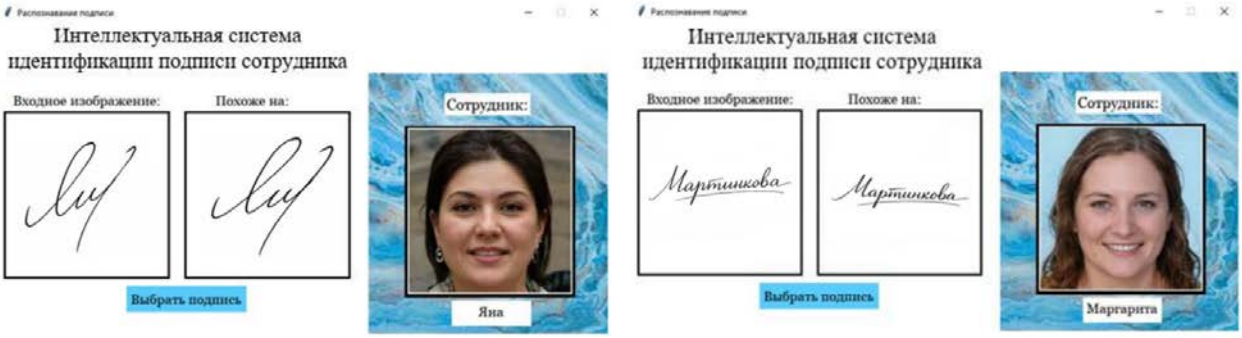


Рис. 8. Распознавание подписей первых двух сотрудников по дереву дихотомии

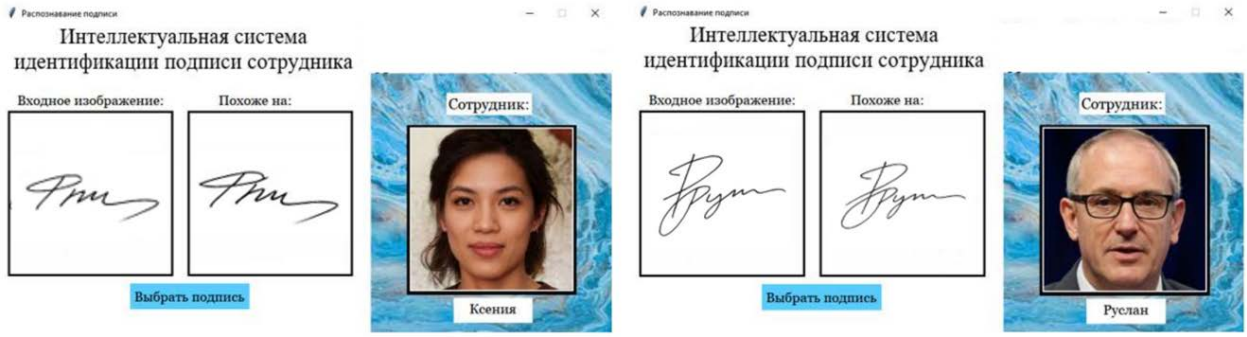


Рис. 9. Распознавание подписей третьего и четвертого сотрудника по дереву дихотомии

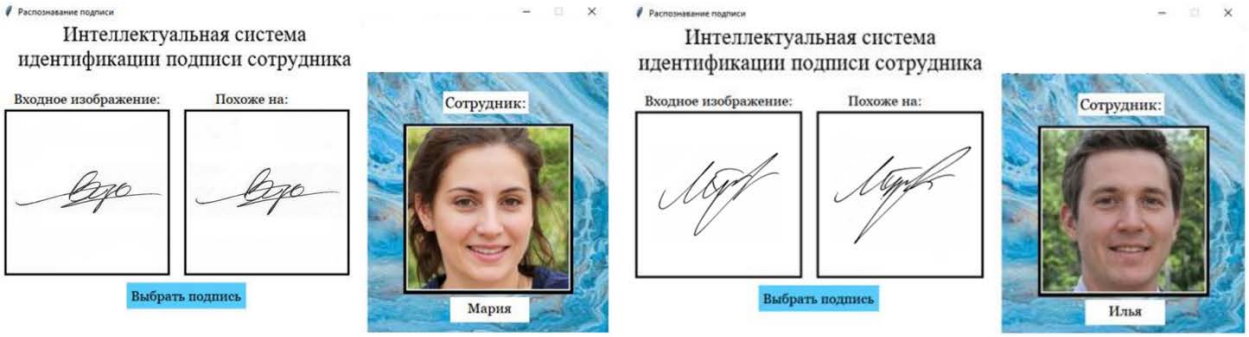


Рис. 10. Распознавание подписей пятого и шестого сотрудника по дереву дихотомии

В случае ввода неизвестной для системы подписи окно приложения будет выглядеть как показано на рисунке 11.

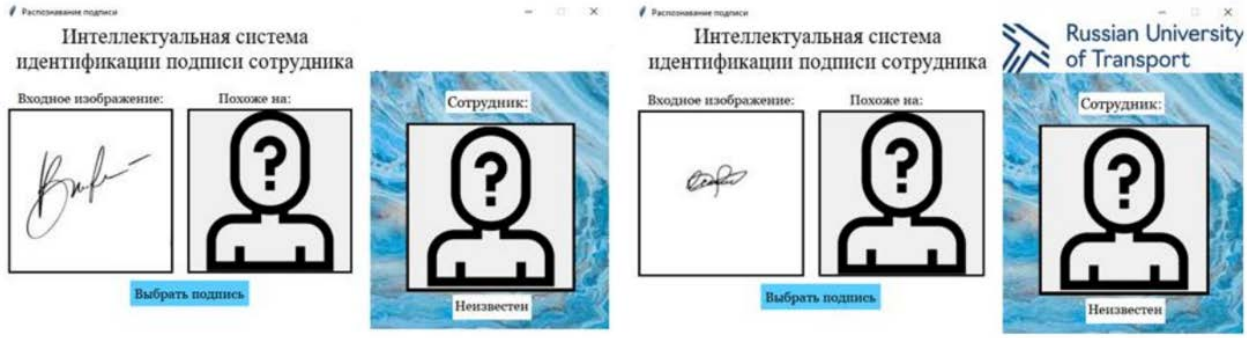


Рис. 11. Ввод неизвестной для системы подписи

Таким образом, можно сделать вывод, что веса для каждого из узлов настроены правильно и интеллектуальная система идентификации рукописных подписей работает корректно.

Перспективы исследования

Проведенное исследование позволяет определить несколько направлений для дальнейшей работы. В первую очередь требуется увеличение общей выборки изображений рукописных подписей, а также расширить число распознаваемых классов, это приблизит лабораторные условия к реальным. Во-вторых, требуется произвести тестирование системы на поддельных подписях с привлечением эксперта-графолога для сравнительного анализа эффективности автоматизированной и ручной экспертизы.

Разработанное решение может быть интегрировано в два типа систем: документооборот и контроль доступа. В первом случае желательно расширить функционал: добавить возможность идентификации конкретных областей в документе с рукописной подписью. Во втором случае возможно добавление учета динамических показателей подписи – траектории, скорости, давления на графический планшет.

Выводы

В ходе исследования была решена задача идентификации личности по рукописной подписи с использованием многоузловой нейронной сети, организованной в виде дерева дихотомии. Предложенный подход обеспечивает точность распознавания в среднем 93,83 %, при этом время идентификации существенно сокращается по сравнению с ручной экспертизой. Новизна работы заключается в иерархической организации бинарных классификаторов, что позволяет добавлять новых пользователей без переобучения всей сети. Практическая значимость работы заключается в возможности интеграции разработанной системы в существующие системы документооборота и контроля доступа.

Список литературы

1. Как начать работу с Keras [Электронный курс] – 2021 г. – URL: https://timeweb.com/ru/community/articles/kak-nachat-rabotu-s-keras (дата обращения 03.03.2024)
2. Google Colab Tutorial – URL: https://colab.research.google.com/drive/16pBJQePbqkz3QFV54L4NIkOn1kwpuRrj (дата обращения 03.03.2024)
3. Вопросы предварительной обработки изображений подписи / Абдували Махамадиев, Собиржон Раджабов, Олимжон Мирзаев, Наргиза Исмаилова // Актуальные вопросы развития инновационно-информационных технологий на транспорте: науч.журн. 2021. URL: https:// cyberleninka.ru/article/n/voprosy-predvaritelnoi-obrabotki-izobrazhenii-podpisi (дата обращения 04.03.2024)
4. Желдунов Ю.С. Проблема идентификации в системах распознавания рукописных подписей // Научный журнал (Компьютерные и информационные науки). 2018. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-identifikatsii-v-sistemah-raspoznavaniya-rukopisnyh-podpisey (дата обращения 10.03.2024)
5. Tkinter: кратко для начинающих – 2022 г. – URL: https://habr.com/ru/sandbox/182102/ (дата обращения 17.03.2024)
6. Анисимова Э.С. О проблеме верификации с использованием рукописных подписей // Современная техника и технологии. 2016. № 3 [Электронный ресурс]. URL: https://technology.snauka.ru/2016/03/9715 (дата обращения: 26.02.2026).
7. Распознавание рукописной подписи с применением нейронных сетей / А. В. Пятаева, М. А. Мерко, В. А. Жуковская [и др.] // International Journal of Advanced Studies. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 130-148. – DOI 10.12731/2227-930X-2023-13-3-130-148. – EDN STIRJB.
8. Ахунджанов, У. Ю. Off-line верификация рукописной подписи с применением сверточной нейронной сети / У. Ю. Ахунджанов, В. В. Старовойтов // Системный анализ и прикладная информатика. – 2022. – № 1. – С. 12-18. – DOI 10.21122/2309-4923-2022-1-12-18. – EDN GLRYDS.

Буга А.И., Стаин И.А.
студенты,
artem228buga@gmail.com, stain.ivan@bk.ru
Научный руководитель: ***Кузнецов В.А.***
старший преподаватель,
Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета,
Россия, Коломна
vladimir.kuznetzov9494@yandex.ru

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА 8WM ТИП 1-2

Аннотация. Разработано программное обеспечение для автоматизации контроля качества ультразвукового датчика 8WM тип 1-2 с использованием промышленного манипулятора RS005L A в среде «Робоскоп». Решение исключает ручной труд, обеспечивает точное позици-

онирование и проверку 8 элементов датчика. Внедрение сокращает время контроля на 70 % и снижает брак. Проект реализован за 3 месяца, обладает потенциалом импортозамещения.

Ключевые слова: автоматизация контроля качества, ультразвуковой датчик, промышленный манипулятор, программное обеспечение, «Робоскоп», импортозамещение, RS005L A.

Современное промышленное производство предъявляет высокие требования к точности, скорости и повторяемости технологических операций. Одним из ключевых направлений повышения эффективности является автоматизация процессов контроля качества готовой продукции.

Автоматизация контроля качества – это область технической диагностики и промышленного производства, изучающая методы и средства объективной оценки соответствия готовой продукции заданным требованиям. В первую очередь она играет важнейшую роль в обеспечении стабильности и безопасности технологических процессов. Например, когда мы пользуемся бытовой техникой или автомобилем, мы можем быть уверены в их надёжности, так как ключевые узлы и детали прошли проверку с помощью высокоточных автоматизированных систем контроля качества.

Этот вид автоматизации применяется во многих отраслях промышленности, включая металлургию, машиностроение, приборостроение, автомобилестроение, а также авиационно-космическую отрасль. В связи с созданием прогрессивного роботизированного оборудования, усовершенствованием алгоритмов обработки данных и способов решения задач неразрушающего контроля, появляются всё новые области, в которых автоматизированные системы контроля будут актуальны на долгие годы вперёд.

В металлургии автоматизация контроля качества применяется для оценки геометрии, структуры и свойств металлопроката. В машиностроении используется для проверки точности сборки узлов и механизмов. В радиоэлектронике же она играет не менее важную роль. С её помощью можно получить достоверные данные о параметрах печатных плат и микросхем.

Целью данной разработки является создание управляющей программы для автоматизации процесса контроля качества ультразвукового датчика 8WM тип 1-2 посредством интеграции промышленного манипулятора RS005L A в среду «Робоскоп», что позволяет исключить ручной труд, максимально снизить воздействие человеческого фактора, обеспечить точное позиционирование и проверку всех 8 элементов датчика, сократить время контроля на 70 % и снизить уровень брака.

Исходя из поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- изучить существующий процесс проверки качества датчика и выявить его недостатки;
- разработать программу для управления манипулятором в соответствии с технологическим процессом;

Основные технические требования:

- точное позиционирование датчика над исследуемой поверхностью с учётом уклонов по осям OX и OY (5°);
- последовательная проверка всех 8 ультразвуковых элементов датчика;
- интеграция с 3D-моделями датчиков;
- работа в среде «Робоскоп» (российская платформа для управления промышленными роботами).

Целевое оборудование: промышленный манипулятор RS005L A (рис. 1).

Рис. 1. Промышленный манипулятор RS005L A

Ожидаемый технический эффект: сокращение времени проверки, повышение точности и повторяемости измерений, исключение человеческого фактора.

На начальном этапе осуществляется системный анализ технологического процесса верификации параметров датчика типа 8WM (модификации 1-2) в регламентированных производственных условиях (рис. 2). Проводится анализ операций ручного контроля с целью выявления факторов, снижающих точность и повторяемость результатов (субъективная погрешность оператора, нестабильность позиционирования, вариативность измерительного усилия). Проводится исследование объекта автоматизации – геометрических, электрических и механических характеристик датчиков, включая допуски на установочные поверхности и разброс выходных сигналов. По результатам анализа формулируется техническое задание, содержащее требования к точности, быстродействию.

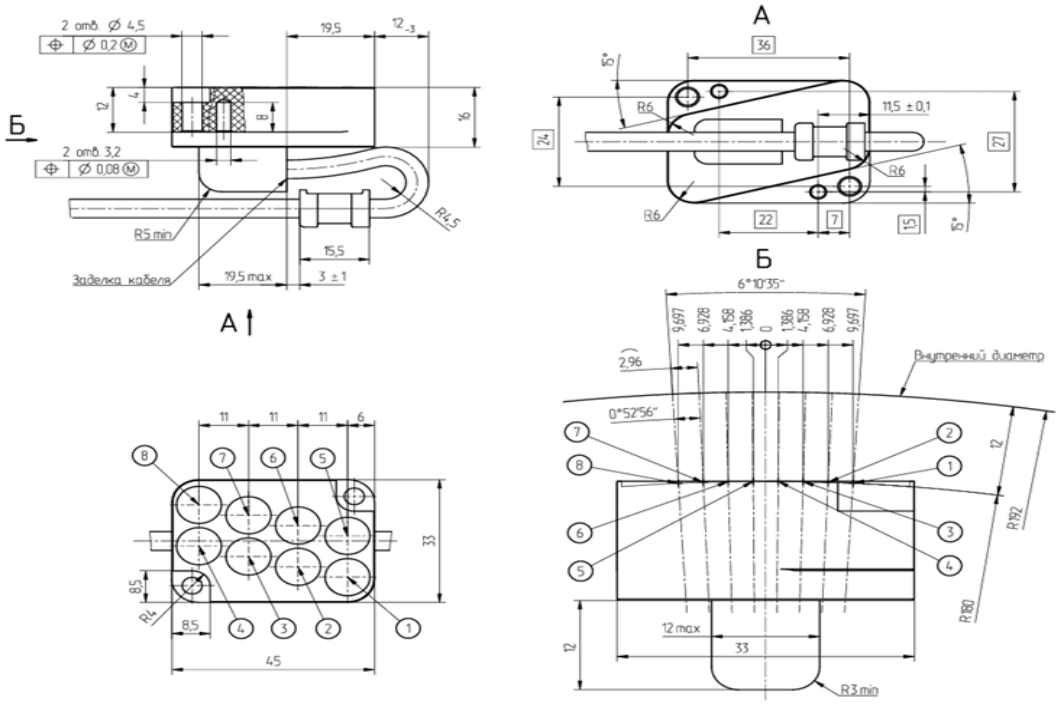


Рис. 2. Блок ПЭМ 8WM, тип 1 и тип 2

Разработка программы

В интегрированную среду моделирования и программирования «Робоскоп» импортируются трёхмерные твердотельные модели каждого датчика (рис. 3). Модели должны соответствовать номинальным геометрическим размерам с учётом предельных отклонений, заданных в конструкторской документации. Загрузка выполняется в единую систему координат рабочей ячейки.

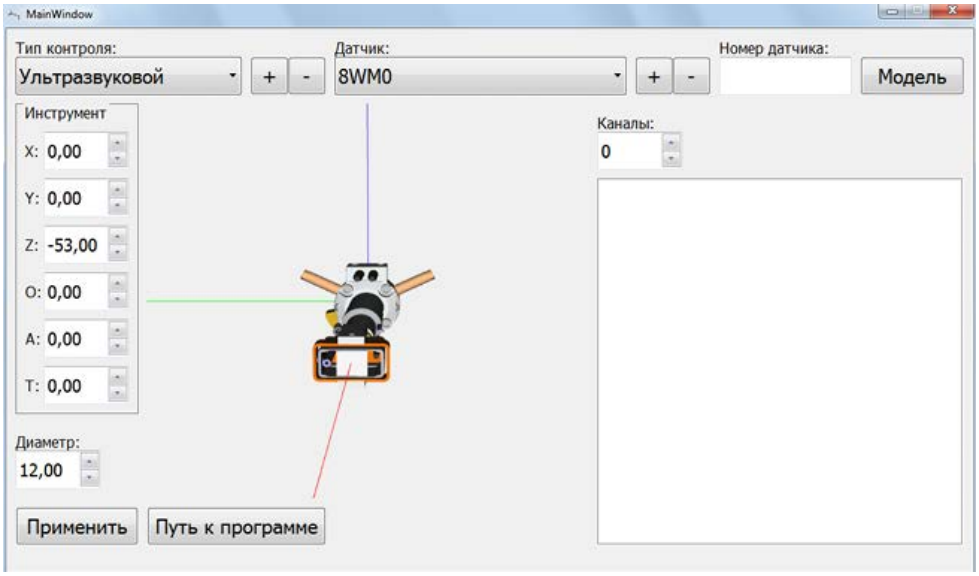


Рис. 3. Загрузка датчика в «Робоскоп»

Формируется заголовочная часть управляющей программы, в которой программно резервируются слоты (массивы переменных или структуры данных) для индивидуальной обработки каждого из восьми датчиков. Каждому слоту ставится в соответствие уникальный идентификатор ID_i, где $i = 1 \dots 8$, а также начальные параметры конфигурации: тип датчика, допусковые границы, последовательность проверяемых точек.

Для каждого датчика вычисляется ориентация его нормали $\vec{n}_i$ относительно плоскости исследуемой поверхности. В координатах джетов (локальная система координат, связанная с исполнительным органом робота) определяется вектор, перпендикулярный рабочей поверхности датчика.

$$\vec{n}_i \cdot \vec{e}_z = \cos\theta_i \tag{1}$$

где $\vec{e}_z$ – единичный вектор нормали к исследуемой поверхности, θ_i – угловое отклонение. Требуется обеспечить $\theta_i \leq \theta_{\text{доп}}$ (допустимое отклонение, например, $\pm 0.5°$).

Реализуется циклическая процедура P_i для последовательного тестирования датчиков. Внутри цикла для каждого -го датчика учитываются углы наклона α_i (относительно оси OX) и β_i (относительно оси OY), которые могут возникать из-за погрешностей базирования или геометрии оснастки. Таким образом, обеспечивается корректное прижатие измерительного щупа или бесконтактного датчика к заданной точке независимо от пространственного положения объекта.

На финальной подстадии осуществляется трансляция разработанных алгоритмов в исполняемый код на языке C++. Код включает: инициализацию переменных, циклы обхода слотов, подпрограммы компенсации уклонов, процедуры сбора и логирования измерительных данных, а также блоки обработки ошибок и аварийной остановки (рис. 4). Готовый код проходит виртуальную отладку в среде моделирования перед переносом на физический роботизированный комплекс.

```
<meta version="0.9" format="technique">
 <tree vvx="0" vvy="0" vvz="-1">
 <object type="static" name="Комната" model="base.x" ofsx="0" ofsy="0" ofsz="0" angx="0" angy="0" angz="0">
 <object type="static" name="основание_ванны" model="TH_дляTH\TNosnovan.x" ofsx="700" ofsy="0" ofsz="0" angx="180"
angy="0" angz="90">
 <object type="static" name="Ванна" model="TH_дляTH\TNvanna.x" ofsx="0" ofsy="0" ofsz="925" angx="0" angy="0" angz="0"
/>
 </object>
 <object type="static" name="Образец" model="Объекты контроля\куб.x" ofsx="0" ofsy="0" ofsz="0" angx="0" angy="0" angz="0"
/>
 <object type="static" name="152" model="TH_дляTH\TNcolumn2.5.x" ofsx="0" ofsy="0" ofsz="0" angx="180" angy="0" angz="-
90">
<object type="static" name="Матрица" model="TH_дляTH\TNmatrixl.x" ofsx="460" ofsy="0" ofsz="1020" angx="0" angy="0"
angz="0" />
 <object type="static" name="креп_роб" model="Kawasaki RS005L\Kawasaki_RS005L_1.x" ofsx="0" ofsy="0" ofsz="1035"
angx="0" angy="0" angz="0">
 <object type="robot" name="Робот" robottype="Kawasaki RS005L" ofsx="0" ofsy="0" ofsz="295" angx="0" angy="0"
angz="0" />
 </object>
 </object>
 </object>
 </tree>
 <assembly name="">
 <component name="Образец" model="Объекты контроля\куб.x" />
 </assembly>
 <etaps>
 <etap name="Тест" varname="etap1" />
 </etaps>
 <probes>
 <probe slot="0">Тулченжер</probe>
 <probe slot="1" x="0" y="0" z="0" ax="0" ay="0" az="0">8WM1</probe>
 <probe slot="2" x="0" y="0" z="0" ax="0" ay="0" az="0">8WM2</probe>
 <probe slot="3" x="0" y="0" z="0" ax="0" ay="0" az="0">8WM3</probe>
 <probe slot="4" x="0" y="0" z="0" ax="0" ay="0" az="0">8WM4</probe>
 <probe slot="5" x="0" y="0" z="0" ax="0" ay="0" az="0">8WM5</probe>
 <probe slot="6" x="0" y="0" z="0" ax="0" ay="0" az="0">8WM6</probe>
 <probe slot="7" x="0" y="0" z="0" ax="0" ay="0" az="0">8WM7</probe>
 <probe slot="8" x="0" y="0" z="0" ax="0" ay="0" az="0">8WM8</probe>
<probe slot="9" x="0" y="0" z="0" ax="0" ay="0" az="0">8WM0</probe>
 </probes>
</meta>
[Главный(условие;;)]
```

```
Диспетчер.Сканирование(;;)
[Settings(условие;;)]
Робот.Переместить_по_JT(0.00,-80.00,-170.00,0.00,90.00,90.00)
Робот.Взять_инструмент(9)
Робот.Скорость(15.000)
Робот.Переместить_по_JT(-90.01,-35.01,-125.08,-0.00,-90.00,89.99)
Робот.Переместить_по_JT(-90.01,10.08,-157.61,0.00,-12.36,89.97) //отступ 35 мм
Робот.примПолучить_координаты2(;;x,y,z,ox,oy,oz)
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox=ox+2.52,oy,oz;)// перпендикуляр 1 канала
Робот.Переместить_по_JT(-90.20,10.08,-157.61,-11.61,-12.61,101.50)// перпендикуляр 1 канала в координатах JT
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox=ox-0.72,oy,oz;)// перпендикуляр 2 канала
Робот.Переместить_по_JT(-90.14,10.08,-157.61,-8.34,-12.48,98.25)// перпендикуляр 2 канала в координатах JT
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox=ox-0.72,oy,oz;)// перпендикуляр 3 канала
Робот.Переместить_по_JT(-90.08,10.07,-157.61,-5.03,-12.40,94.96)// перпендикуляр 3 канала в координатах JT
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox=ox-0.72,oy,oz;)// перпендикуляр 4 канала
Робот.Переместить_по_JT(-90.03,10.07,-157.61,-1.67,-12.36,91.63)// перпендикуляр 4 канала в координатах JT
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox=ox-0.72,oy,oz;)// перпендикуляр 5 канала
Робот.Переместить_по_JT(-89.98,10.07,-157.61,1.68,-12.36,88.29)// перпендикуляр 5 канала в координатах JT
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox=ox-0.72,oy,oz;)// перпендикуляр 6 канала
Робот.Переместить_по_JT(-89.93,10.07,-157.61,5.04,-12.40,84.96)// перпендикуляр 6 канала в координатах JT
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox=ox-0.72,oy,oz;)// перпендикуляр 7 канала
Робот.Переместить_по_JT(-89.87,10.08,-157.61,8.35,-12.48,81.66)// перпендикуляр 7 канала в координатах JT
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox=ox-0.72,oy,oz;)// перпендикуляр 8 канала
Робот.Переместить_по_JT(-89.82,10.08,-157.61,11.62,-12.61,78.42)// перпендикуляр 8 канала в координатах JT
Экран.Сообщение(;"Конец настройки";)
Робот.Возврат()
Диспетчер.Возврат(;;)
[Naklon5(условие;;)]
Робот.примПолучить_координаты2(;;x,y,z,ox,oy,oz)
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox+5,oy,oz;)
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox-5,oy,oz;)
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox,oy,oz;)
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox,oy+5,oz;)
Робот.примПереместить(;x,y,z,ox,oy-5,oz;)
Диспетчер.Возврат(;;)
[Сканирование(условие;;)]
Робот.Переместить_по_JT(0.00,-80.00,-170.00,0.00,90.00,90.00)
Робот.Взять_инструмент(9)
Робот.Скорость(15.000)
Робот.Переместить_по_JT(-90.01,-35.01,-125.08,-0.00,-90.00,89.99)
Робот.Переместить_по_JT(-90.01,10.08,-157.61,0.00,-12.36,89.97) //отступ 35 мм
Робот.Скорость(10.000)
```

Рис. 4. Часть программного кода

Тестирование и отладка

Сформированный исполняемый код передаётся в память контроллера промышленного робота RS005L A через интерфейс связи (EtherCAT / Ethernet / USB). Процесс загрузки сопровождается контролем целостности данных – вычислением контрольной суммы CRC или хеш-функции. После завершения передачи выполняется начальная инициализация переменных состояния робота (положение звеньев, скорость сервоприводов, режим управления). Манипулятор переводится в режим готовности к выполнению целевой программы.

Производится натурное тестирование (холостой прогон и под нагрузкой) с целью оценки соответствия реальных траекторий движения запрограммированным. На данном этапе фиксируются следующие метрики:

• отклонение фактического положения инструмента от заданного $\Delta\mathbf{r}(t) = \mathbf{r}_{\text{факт}}(t) - \mathbf{r}_{\text{зад}}(t)$;

• динамическая погрешность позиционирования $\delta_{\text{д}}$ (максимальная и среднеквадратическая);

• время цикла $T_{\text{цикл}}$ (соответствие такту технологического процесса).

При обнаружении расхождений выполняется коррекция параметров движения (скорости, ускорения, зон допуска).

Для каждого дискретного шага изменения координат $\mathbf{q}_k = (x_k, y_k, z_k, \alpha_k, \beta_k, \gamma_k)$ регистрируется выходной сигнал датчика. Измерения проводятся с помощью цифрового запоминающего осциллографа, синхронизированного с системой управления роботом. Анализируются следующие параметры сигнала:

• амплитуда A_k;

• время установления фронта $t_{\text{уст},k}$;

• уровень шума $\sigma_{\text{ш},k}$;

• наличие выбросов или сбоев (битовых ошибок).

Заключительный этап верификации заключается в подтверждении гипотезы о том, что выбранный набор координат $\mathbf{q}^* = \{\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2, \dots, \mathbf{q}_M\}$ обеспечивает достоверное и воспроизводимое измерение всех контролируемых параметров датчика. Критерии подтверждения:

1. **Точность**: разность между измеренным и эталонным значением параметра не превышает паспортной погрешности $| P_{\text{изм}} - P_{\text{эт}} | \leq \Delta_{\text{доп}}$.

2. **Повторяемость**: коэффициент вариации $CV = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100\ \%$ менее заданного порога (например, 2 %).

3. **Функциональность**: отсутствие ложных срабатываний или пропусков дефектов.

Финальной стадией автоматизированного процесса контроля качества является формализация полученных результатов и алгоритмов в виде комплекта технической документации, а также разработка инструкции по эксплуатации для обслуживающего персонала.

Техническая документация включает следующие обязательные разделы:

1. Структурная и функциональная схема роботизированного комплекса – отображает взаимосвязи между манипулятором RS005L A, системой управления, измерительным оборудованием (осциллограф) и объектом контроля (датчик 8WM тип 1-2).

2. Описание алгоритмов управления – представляется в виде блок-схем или псевдокода с указанием:

- циклов проверки датчиков;
- процедур компенсации уклонов по осям OX и OY;
- логики обработки измерительных сигналов.

3. Перечень контролируемых параметров и допусков – оформляется в виде таблицы, где для каждого параметра p_j указаны:

- номинальное значение $p_j^{\text{ном}}$;
- предельные отклонения Δp_j^- и Δp_j^+;
- метод измерения;
- допустимая погрешность измерительного канала $\delta_{\text{изм},j}$.

4. Протоколы верификации – содержат результаты испытаний:

- значения отклонений траектории $\Delta\mathbf{r}(t)$;
- осциллограммы выходных сигналов $S_k(t)$ для каждого изменения координат;
- расчётные значения коэффициента вариации CV и размаха вариации R.

5. Программный код – финальная версия исполняемого модуля с комментариями, описывающими функциональное назначение каждой подпрограммы и критических переменных.

Технические результаты и верификация

В результате выполнения программы манипулятор последовательно проводит датчик над контрольными точками, обеспечивая заданные углы наклона. Сигналы с каждого из 8 ультразвуковых элементов фиксируются на осциллографе, что позволяет верифицировать корректность позиционирования. Все координаты были подтверждены экспериментально.

Экономическая эффективность

Внедрение разработанной программы позволяет:

- сократить время проверки одного датчика на 70 % за счёт полной автоматизации движений манипулятора;
- снизить долю дефектов, связанных с человеческим фактором, с нескольких процентов до долей процента;
- получить годовую экономию за счёт снижения затрат на оплату труда и уменьшения потерь от брака, что обеспечивает окупаемость разработки в пределах одного производственного цикла.

Разработанная программа автоматизированного контроля качества полностью исключает ручной труд при проверке датчиков типа 8WM, обеспечивая высокую точность, объективность и повторяемость измерений. Проект был реализован за 3 месяца, что обеспечивает быстрый возврат инвестиций и позволяет говорить о высокой практической ценности разработки с точки зрения оперативного импортозамещения. Внедрение системы позволяет предприятиям приборостроительной отрасли сократить время проверки одного изделия на 70 % (с 15 до 4,5 минуты) и практически исключить брак, связанный с человеческим фактором (снижение с нескольких процентов до долей процента).

Проект реализован в сжатые сроки (3 месяца), что особенно важно в условиях необходимости быстрого импортозамещения зарубежных систем автоматизированного контроля. Разработка обладает высоким потенциалом масштабирования: программное решение может быть адаптировано под другие типы датчиков и контрольно-измерительные задачи. С точки зрения импортозамещения, разработанное ПО является полностью отечественным и может стать альтернативой зарубежным системам автоматизированного контроля. Решение интегрируется с промышленным манипулятором, что позволяет предлагать заказчикам полностью локализованный комплекс.

Список литературы

1. Евгенев Г. Б. Программирование обработки на оборудовании с ЧПУ: учебник: в 2 т. Т. 2. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 368 с.
2. NetsBlox / RoboScape Documentation. General Robotics with RoboScape: Robot Programming. – CPS-VO, 2021, Текст: электронный – URL: https://editor.netsblox.org/docs/services/ RoboScape/index.html Дата обращения: 10.04.2026 г.
3. Goryainova I.V, Golopolosov A.A., Ivanov A.D., Levin G.G., Minaev V.L.; Metrological support of video measuring systems.; Measurement Techniques, 0543-1972; 2023, т.66, стр.24-30
4. Bobryshov A. P., Solony S. V., Serjantova M. V., et al. Theoretical Assessment of the Impact of Automation on the Technological Process of Calibration of Monitoring and Metering Instruments // Physics of Atomic Nuclei. – 2023. – Vol. 86, No. 9. – P. 2035–2040.
5. Kawasaki Robotics, Inc. RS005L Robot Specification Sheet. – Wixom, MI: Kawasaki Robotics, 2023, Текст: электронный – URL: https://kawasakirobotics.com/uploads/sites/2/2022/01/specifications_robots_small-medium-payload-robots_rs_rs005l_en_01_2021.pdf Дата обращения: 10.04.2026 г.

Малышев М.С.
студент
Научный руководитель: ***Пиков В.А.***
старший преподаватель,
Московский политехнический университет,
Россия, Москва

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ И ПОДЛИННОСТИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ОБРАЗОВ В CI/CD PIPELINE НА БАЗЕ KUBERNETES

Аннотация. В статье представлена методика сквозной верификации контейнерных образов в CI/CD pipeline на базе Kubernetes, объединяющая сканирование уязвимостей, криптографическую подпись с автономным корнем доверия и автоматический контроль допуска. Проведён сравнительный анализ инструментов каждого этапа. Прототип апробирован в среде k3d.

Ключевые слова: контейнерные образы; цепочка поставок; криптографическая подпись; CI/CD pipeline; Kubernetes; admission controller; DevSecOps.

Введение

Контейнерные технологии стали стандартом развёртывания программного обеспечения в облачных и гибридных средах. Вместе с ростом adoption контейнерных платформ значительно увеличились риски, связанные с целостностью цепочки поставок программного обеспечения. По данным отчёта компании Sonatype за 2022 год, количество атак на цепочку поставок программного обеспечения выросло на 742 % за период с 2019 по 2022 год [1]. Исследование RWTH Aachen University, опубликованное на конференции ACM ASIACCS в 2023 году, показало, что 8,5 % образов на Docker Hub содержат секреты – приватные ключи, токены и пароли [2]. По данным GitGuardian, в 2023 году в публичные репозитории GitHub утекло 12,8 миллионов секретов [3].

Традиционные меры защиты – сканирование уязвимостей и контроль зависимостей – решают лишь часть проблемы. Они не гарантируют, что образ, прошедший проверку, не будет модифицирован на последующих этапах: при передаче в реестр, хранении или развёртывании в кластере. Необходим механизм криптографической верификации артефактов, охватывающий полный жизненный цикл контейнерного образа – от сборки до развёртывания.

Цель работы – разработать методику обеспечения целостности и подлинности контейнерных образов, реализующую сквозной pipeline от сборки до развёртывания в Kubernetes-кластере с использованием автономного корня доверия.

1. Анализ существующих решений

Newman и др. (ACM CCS, 2022) представили систему Sigstore для массовой подписи программных артефактов [4]. Система включает Cosign (инструмент подписи), Fulcio (удостоверяющий центр на основе OIDC) и Rekor (лог прозрачности). Sigstore реализует keyless-подпись с эфемерными ключами, однако является набором инструментов, а не комплексной методикой. В работе отсутствуют этапы сканирования уязвимостей, интеграция с централизованным хранилищем ключей и механизм контроля допуска в кластер.

Автоматизированный фреймворк обеспечения безопасности контейнерной среды (IEEE, 2024) [5] реализует модульное сканирование уязвимостей вдоль CI/CD pipeline. Фреймворк выявляет известные уязвимости, однако не включает криптографическую подпись образов и не имеет механизма блокировки деплоя в Kubernetes: даже при обнаружении уязвимости образ может быть развёрнут.

Блокчейн-подход к обеспечению целостности контейнерных образов (IEEE, 2024) [6] предлагает фиксацию информации об образах в распределённом реестре. Подход обеспечивает неизменяемость записей, однако создаёт избыточную зависимость от дополнительной

инфраструктуры (узлы сети, механизм консенсуса), имеет высокую латентность при проверке и не описывает интеграцию с admission controller Kubernetes.

Работа исследователей IBM (IEEE CLOUD, 2021) [7] рассматривает защиту целостности ресурсов Kubernetes через цифровую подпись YAML-манифестов с использованием admission controller. Это наиболее близкий аналог технически, однако подписываются описания ресурсов (манифесты), а не сами контейнерные образы – исполняемые артефакты.

Ни одно из рассмотренных решений не покрывает полный цикл от сборки до развёртывания, объединяя сканирование, подпись с автономным корнем доверия и контроль допуска.

2. Архитектура методики

Предлагаемая методика реализует сквозной pipeline из шести этапов: 1) сборка контейнерного образа по триггеру из системы контроля версий (GitLab webhook → Jenkins); 2) автоматическое сканирование образа на уязвимости инструментом Trivy, выступающим как gate-механизм; 3) криптографическая подпись образа инструментом Cosign с ключами, хранящимися в HashiCorp Vault Transit engine; 4) размещение подписанного образа в локальный container registry; 5) верификация подписи при развёртывании – Kyverno (admission controller) перехватывает запрос и проверяет подпись; 6) развёртывание в k3d-кластере только при валидной подписи.

Принципиальной особенностью методики является связка сканирования и подписи: образ, содержащий критические уязвимости, физически не может получить подпись, а значит, не может быть развёрнут. Это проактивный барьер, а не реактивная проверка.

Архитектурное решение реализует принцип разделения ответственности: GitLab хранит код, Jenkins оркестрирует pipeline, Vault управляет ключами, container registry хранит артефакты, k3d-кластер исполняет рабочие нагрузки. Компрометация одного компонента не даёт автоматического доступа к криптографическим ключам, исходному коду и инфраструктуре деплоя одновременно.

3. Обоснование выбора инструментов

3.1. Сканер уязвимостей: Trivy. Для выбора сканера уязвимостей проведён сравнительный анализ пяти инструментов: Trivy (Aqua Security), Grype (Anchore), Clair (Red Hat), Snyk Container и Docker Scout (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение сканеров уязвимостей контейнерных образов

Критерий	**Trivy**	**Grype**	**Clair**	**Snyk**	**Docker Scout**
Архитектура	Standalone	Standalone	Client-server	CLI + облако	CLI + облако
Требует сервер	Нет	Нет	Да	Да (SaaS)	Да (SaaS)
ОС + язык. пакеты	Да + Да	Да + Да	Да + частично	Да + Да	Да + Да
SBOM генерация	CycloneDX, SPDX	Через Syft	Нет	Частично	SPDX
Gate (exit code)	Нативный	Нативный	Через API	Нативный	Нативный
Лицензия	Apache 2.0	Apache 2.0	Apache 2.0	Proprietary	Proprietary
Air-gapped	Да	Да	Да	Нет	Нет

Trivy выбран по совокупности факторов: standalone binary без серверной инфраструктуры (сбой внешнего сервиса не обходит проверку, реализуется принцип fail-closed), нативный exit code для интеграции с Jenkins pipeline, покрытие пакетов ОС и языковых зависимостей (15+ менеджеров пакетов), поддержка генерации SBOM в форматах CycloneDX и SPDX, открытая лицензия Apache 2.0 и возможность работы в air-gapped окружениях через приватный OCI-реестр для баз данных уязвимостей.

3.2. Инструмент подписи: Cosign. Проведён анализ пяти инструментов подписи: Cosign (Sigstore), Notation (Notary v2), Docker Content Trust, GPG-подпись и GCP Binary Authorization (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение инструментов подписи контейнерных образов

Критерий	Cosign	Notation	DCT	GPG	Binary Auth
Алгоритм	ECDSA P-256	RSA PSS	ECDSA P-256	RSA	ECDSA P-256
Keyless режим	Да (Fulcio)	Нет	Нет	Нет	Нет
KMS-интеграция	Vault, AWS, GCP, Azure	Azure KV, AWS	Нет	Нет	GCP KMS
OCI-совместимость	Полная	Полная (OCI 1.1)	Нет	Нет	Только GCR
Kyverno	Нативная	C v1.11+	Нет	Нет	Нет
Attestations	in-toto, DSSE	Через referrers	Нет	Нет	Grafeas
Статус	OpenSSF Graduated	CNCF Graduated	Устарел	Нишевой	Vendor lock-in

Cosign выбран благодаря нативной интеграции с HashiCorp Vault через URI-схему hashivault://, полной OCI-совместимости, нативной поддержке в Kyverno (verifyImages) и статусу OpenSSF Graduated. Используется key-based режим с Vault KMS вместо keyless (Fulcio+Rekor), что формирует автономный корень доверия.

Выбор алгоритма ECDSA P-256 обусловлен балансом безопасности и производительности: уровень стойкости эквивалентен RSA-3072, при этом размер подписи составляет 64 байта (против 256 байт для RSA-2048). Компактность подписи критична при хранении подписей как OCI-артефактов в реестре.

3.3. Управление ключами: HashiCorp Vault. Для выбора системы управления ключами проведён анализ шести решений (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение систем управления криптографическими ключами

Критерий	Vault	GCP KMS	AWS KMS	Azure KV	Fulcio	Локальные
On-premise	Да	Нет	Нет	Нет	Сложно	Да
Vendor lock-in	Минимальный	Полный	Полный	Полный	Зависит	Нет
Zero-knowledge	Да	Да	Да	Да	Н/П	Нет
Авторотация (асимм.)	Да	Нет	Нет	Да	Н/П	Нет
Гранулярный RBAC	Path-based	IAM	IAM	RBAC	OIDC	Минимальный
Полный аудит	Да	Cloud Logs	CloudTrail	Diag Logs	Rekor	Минимальный

Vault выбран как единственное решение, обеспечивающее автономный корень доверия на собственной инфраструктуре без зависимости от облачных провайдеров. Облачные KMS (GCP, AWS, Azure) создают полный vendor lock-in: приватные ключи не экспортируются.

Transit Secrets Engine реализует модель Encryption-as-a-Service: криптографические операции выполняются внутри Vault, приватный ключ никогда не покидает хранилище (zero-knowledge). CI/CD pipeline отправляет хэш payload в Vault, Vault выполняет подпись ECDSA P-256 и возвращает результат. Даже при полной компрометации runner'а CI/CD злоумышленник не получит ключевой материал – только Vault-токен с ограниченным временем жизни и политиками.

Vault поддерживает симметричное шифрование (AES-256-GCM для encryption-as-a-service) и асимметричную криптографию (ECDSA P-256/P-384/P-521, RSA-2048/3072/4096, Ed25519). Для подписи контейнерных образов используется исключительно асимметричная криптография: приватный ключ хранится в Vault для подписи, публичный – распространяет-

ся в Kyverno для верификации. Симметричное шифрование не подходит для подписи, так как общий ключ должен быть известен обеим сторонам, что уничтожает модель доверия.

Transit engine поддерживает версионированную ротацию ключей с параметром auto_rotate_period для автоматической ротации – функция, недоступная для асимметричных ключей в Google Cloud KMS и AWS KMS. Через Kubernetes Auth Method конкретный ServiceAccount Jenkins-агента получает политику, разрешающую только операцию подписи конкретным ключом, реализуя принцип наименьших привилегий.

3.4. Контроллер допуска: Kyverno. Проведён анализ пяти admission controllers (табл. 4).

Таблица 4

Сравнение admission controllers для верификации подписи образов

Критерий	Kyverno	OPA Gatekeeper	Kubewarden	Ratify	Connaisseur
Язык политик	YAML	Rego	Wasm	YAML + Rego	Helm values
Верификация	Нативная	Через Ratify	Через Wasm	Нативная	Нативная
Cosign	Нативная	Через Ratify	Через Wasm	Плагин	Нативная
CNCF статус	Graduated	Graduated	Sandbox	Sandbox	Не CNCF
Attestations	Да	Через Ratify	Частично	Да	Нет
Tag → digest	Да	Нет	Да	Нет	Да

Kyverno выбран благодаря нативной интеграции с Cosign: правило verifyImages использует Go-библиотеки Sigstore напрямую, без дополнительных компонентов (в отличие от Gatekeeper, требующего связки с Ratify). Политики описываются на YAML без специализированных языков (Rego). Kyverno автоматически мутирует теги образов в дайджесты после верификации, предотвращая атаки типа TOCTOU (Time-of-Check-Time-of-Use).

3.5. CI/CD платформа: Jenkins. Проведён анализ пяти CI/CD систем: Jenkins, GitLab CI/CD, GitHub Actions, Tekton и Argo Workflows. Jenkins выбран по совокупности факторов: полный контроль pipeline через Groovy DSL (алгоритмическая полнота для нетривиальной логики gate-механизма), механизм Shared Libraries для централизации логики сборки, подписи и деплоя, нативная интеграция с HashiCorp Vault через плагин, полностью self-hosted архитектура без SaaS-зависимости и зрелость экосистемы. Архитектурное решение GitLab → webhook → Jenkins → container registry → k3d реализует принцип разделения ответственности: каждый компонент отвечает за одну функцию, обеспечивая изоляцию зон доверия.

4. Апробация

Методика апробирована на тестовом CI/CD pipeline в среде локальном Kubernetes-кластере (k3d). Проверены четыре сценария (табл. 5).

Таблица 5

Результаты экспериментальной апробации

Сценарий	Результат
Подписанный образ	Развёрнут успешно
Неподписанный образ	Заблокирован Kyverno
Образ, подписанный другим ключом	Заблокирован Kyverno
Образ, модифицированный после подписи	Заблокирован (несовпадение хэша)

Метрики производительности: обеспечена 100 %-ная блокировка всех скомпрометированных артефактов. Операции подписи и верификации незначительно влияют на общее время CI/CD цикла.

Во всех четырёх сценариях система продемонстрировала корректное поведение: легитимный подписанный образ был успешно развёрнут, а все три варианта скомпрометированных артефактов (неподписанный, подписанный чужим ключом, модифицированный после подписи) были однозначно заблокированы admission controller’ом Kyverno на этапе создания Pod’a.

5. Научная новизна

Предложена целостная методика, объединяющая в единый pipeline сканирование уязвимостей, криптографическую подпись и контроль допуска – в отличие от существующих решений, закрывающих отдельные аспекты. Реализован автономный корень доверия на базе HashiCorp Vault Transit engine с zero-knowledge архитектурой: приватный ключ подписи никогда не покидает хранилище. Реализован gate-механизм – связка сканирования и подписи: образ с критическими уязвимостями физически не может получить подпись и быть развёрнут. Методика адаптирована к корпоративным требованиям: on-premise развёртывание, RBAC на уровне криптографических операций, полный аудит и версионированная ротация ключей.

Заключение

В рамках работы разработана методика сквозной верификации контейнерных образов, объединяющая Trivy, Cosign, HashiCorp Vault и Kyverno в единый CI/CD pipeline. Проведён сравнительный анализ инструментов каждого этапа с обоснованием выбора конкретного стека по критериям безопасности, производительности, расширяемости и независимости от вендора. Методика соответствует уровню SLSA Level 2 и подтверждена экспериментальной апробацией со 100 %-ной блокировкой скомпрометированных образов при минимальном влиянии на производительность.

В перспективах развития – интеграция SBOM (Software Bill of Materials) для отслеживания состава образов с подписью через Cosign attestations, поддержка Confidential GKE Nodes для дополнительной защиты данных в памяти, а также расширение методики на multi-cluster сценарии с федеративной верификацией подписей.

Список литературы

1. Sonatype. 8th Annual State of the Software Supply Chain Report, 2022. URL: https://www.sonatype.com/resources/2022-software-supply-chain-report (дата обращения: 20.03.2026).

2. Dahlmanns M., Sander C., Decker R., Wehrle K. Secrets Revealed in Container Images: An Internet-wide Study on Occurrence and Impact // ACM ASIACCS. 2023. DOI: 10.1145/3579856.3590329.

3. GitGuardian. State of Secrets Sprawl Report, 2024. URL: https://www.gitguardian.com/state-of-secrets-sprawl-report-2024 (дата обращения: 20.03.2026).

4. Newman Z., Meyers J.S., Torres-Arias S. Sigstore: Software Signing for Everybody // Proceedings of the 2022 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS ’22). ACM, 2022. DOI: 10.1145/3548606.3560596.

5. Securing the Containerized Environment Along the CI/CD Pipeline // IEEE Conference Publication. IEEE, 2024. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/10903704/ (дата обращения: 20.03.2026).

6. Enhancing Security in Cloud Native Applications: A Blockchain-Based Approach for Container Image Integrity // IEEE Conference Publication. IEEE, 2024. URL: https:// ieeexplore.ieee.org/document/10731057/ (дата обращения: 20.03.2026).

7. Integrity Protection for Kubernetes Resource Based on Digital Signature // IEEE Conference Publication. IEEE, 2021. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9582181/ (дата обращения: 20.03.2026).

Научное электронное издание

СНК-2026

Материалы всероссийской студенческой научной конференции Московского Политеха

(Москва, 20–24 апреля 2026 г.)

Разработано с помощью программного обеспечения
Microsoft Office Word, Adobe Acrobat Pro

Издается в авторской редакции

Ответственный за выпуск *А.В. Куркова*
Компьютерная верстка: *Ю.С. Акульшина*

Подписано к использованию 21.08.2026
Объем издания 30,0 Мб. Тираж 15. Заказ № 39/26

Издательство Московского Политеха
107023, Москва, Большая Семёновская, 38
www.mospolytech.ru; e-mail: izdat.mospolytech@yandex.ru