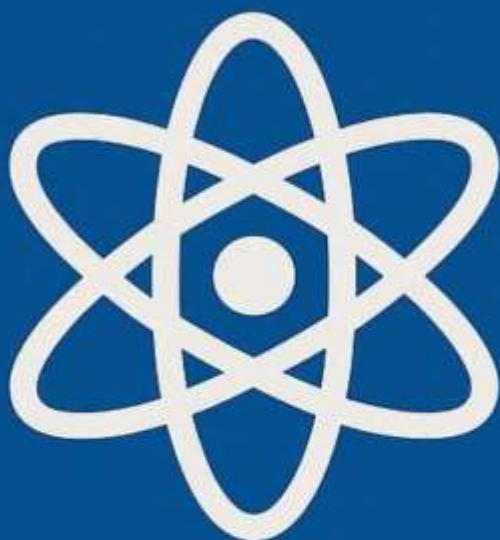


ПРОМТЕХДИЗАЙН

ЕСТЕСТВЕННЫЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»

ПРОМТЕХДИЗАЙН

Естественные и технические науки

Сборник статей всероссийской научной конференции
молодых ученых с международным участием

Часть 4

УДК 009+67/68(063)

ББК 6/8+37.2я43

П40

П40 ПРОМТЕХДИЗАЙН. Естественные и технические науки. Сборник статей всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Часть 4 / Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – Санкт-Петербург: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2026. – 278 с.

ISBN 978-5-7937-3000-6

ISBN 978-5-7937-2999-4

Научно-технические конференции институтов, высших школ и факультетов – сроки проведения уточняются редакцией.

Оргкомитет:

Макаров А.Г. – д.т.н., профессор, председатель

Шванкин А.М. – к.т.н., ответственный секретарь

Вагнер В.И. – к.т.н., доцент

Ванькович С.М. – к.искусств., доцент

Ветрова Ю.Н. – к.т.н., доцент

Гамаюнов П.П. – профессор

Жукова Л.Т. – д.т.н., профессор

Иванов К.Г. – д.ф.-м.н., профессор

Иванов О.М. – д.т.н., профессор

Иванова С.Ю. – к.т.н., доцент

Киселев А.М. – д.т.н., профессор

Куров В.С. – д.т.н., профессор

Лебедева Г.Г. – к.т.н., доцент

Лезунова Н.Б. – к.филолог.н., доцент

Мамонова В.А. – к.культур.

Марковец А.В. – д.т.н., профессор

Переборова Н.В. – д.т.н., профессор

Рожков Н.Н. – д.т.н., доцент

Сухарева А.М. – к.т.н., доцент

Энтин В.Я. – д.т.н., профессор

ISBN 978-5-7937-3000-6

ISBN 978-5-7937-2999-4

УДК 009+67/68(063)

ББК 6/8+37.2я43

© ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

М.В. Зубкова, И.В. Андреева ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДЕРЕВЯННЫХ ИГРУШЕК	7
И. Кантерман, Ж.Ю. Койтова КИНЕТИКА ИОННОГО ОБМЕНА Li /H НА ШПИНЕЛИ λ -MnO	13
А.В. Панфилова, Е.Н. Дресвянина РАЗРАБОТКА НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ СПОРТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ФИГУРНОГО КАТАНИЯ	19
Е.А. Решетникова, Е.Н. Дресвянина РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ	24
А.Г. Скворцова, Ю.Д. Смирнова, Е.Н. Дресвянина, Н.П. Лебедева ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНОГО ВЕЛЮРА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗКАХ	29
Д. А. Яблокова, Н. П. Лебедева ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК НА СВОЙСТВА ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ	34
А. В. Тулинова, Ж. Ю. Койтова, И. А. Хромеева ВЛИЯНИЕ ПРОПИТКИ НА ФОРМОУСТОЙЧИВОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЦВЕТОЧНЫХ АКСЕССУАРОВ	39
Д.А. Андреев ¹ , С.М. Вертешев ¹ , В.И. Пименов ² АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АУДИТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ ИТ- СПЕЦИАЛИСТОВ ПОСРЕДСТВОМ АППАРАТА ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	45
В.И. Борисенко, В.И. Пименов ГИБРИДНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-СТРАТЕГИЙ С ГЕНЕРАЦИЕЙ ГИПОТЕЗ НА ОСНОВЕ БОЛЬШОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ	51
А.А. Веселкова, М.А. Ермина СОЗДАНИЕ ЛОГОТИПА ДЛЯ БРЕНДА ТАНЦЕВАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕДАКТОРА ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ	58
М.А. Горелов ¹ , В.И. Пименов ² РОЛЬ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ РЕСУРСА ЭЛЕМЕНТОВ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ	67
С.И. Давыдова, И.А. Небаев, Т.А. Кравец ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ИНДИКАТОРОВ БИЗНЕС-ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДАННЫХ ПРИКЛАДНОЙ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ	73
Е.Ю. Евдокимова, Е.В.Кулеева РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОНЛАЙН ОБРАЗОВАНИЯ «СОВИУМ» НА БАЗЕ МЕССЕНДЖЕРА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА	80
М.А.Каждан, Д.А. Горинов, А.А. Прохорова ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ	85

ОГЛАВЛЕНИЕ

А.В. Князева, Д.А. Горинов, А.А. Прохорова ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДБОРА МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРЕСОВ	94
И.А. Небаев, М.О. Первушина МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ТУЛЧЕЙНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИНФРАСТРУКТУРЕ КОМПИЛИРУЮЩЕГО КЛАСТЕРА	99
Г.Б. Никифоров ¹ , В.И. Пименов ² , Е.В. Надобников ¹ ПОТОКОВАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ФИНАНСОВЫХ НОВОСТЕЙ С ДИНАМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКОЙ КАЧЕСТВА	105
А.М. Хлопцева, К.А. Панасюк ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	111
Г.А. Хришкевич ¹ , В.И. Пименов ² СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПЕРАЦИЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ФРЕСОК ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДЕФЕКТОВ	116
Н.Д. Шибанова, К.А. Панасюк ПОИСК ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	124
У.С. Шигаева, М.А. Ермина РАЗРАБОТКА КОЛЛЕКЦИИ РЕМНЕЙ В СТИЛЕ РЕТРО	129
Ш.Н. Эрматовна, К.А. Панасюк ИССЛЕДОВАНИЕ АСПЕКТОВ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ПРОДАЖИ ДЕТСКОЙ ОДЕЖДЫ	134
А.С. Якорхина, М.А. Ермина СОЗДАНИЕ РЕКЛАМНОГО ЛИСТКА ДЛЯ КАФЕ «ШЕРСТЯНЫЕ ЛАПКИ»	138
Туан Д. Х. ОБЗОР НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТЕМЕ РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ НАМОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ	145
М.И. Муравьев КЛАССИФИКАЦИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ОКРАСА СООБЩЕНИЯ ПО ЗВУКОВОЙ РЕЧИ: МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ	161
А.Д. Бродецкая, Ю.Е. Шепелева КЛАССИФИКАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ТРАНСФОРМИРУЮЩЕЙСЯ ОБУВИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ	166
А. Р. Стрункина, Ю.Е. Шепелева СКУЛЬПТУРНЫЕ КАБЛУКИ: АНАЛИЗ ФЕНОМЕНА И ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА	172
А.Ю. Штабеева, Т.М. Сумарокова ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ДВУХСТОРОННИХ СУМОК-ТРАНСФОРМЕРОВ ИЗ НАТУРАЛЬНОЙ КОЖИ	177

ОГЛАВЛЕНИЕ

В. Р. Галиуллина, Л. А. Захарова АНАЛИЗ ДЕКОРАТИВНЫХ И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖЕНСКИХ ПРАЗДНИЧНЫХ ТУФЕЛЬ В ВОРОНЕЖСКОЙ ГУБЕРНИИ КОНЦА XIX НАЧАЛА XX	184
Е.О. Глубшев, Н.В. Яковлева ИССЛЕДОВАНИЕ СОПОСТАВИМОСТИ ПРИПОДНЯТОСТИ НОСОЧНОЙ ЧАСТИ КОЛОДКИ И ОБУВИ В КОНТЕКСТЕ ВЛИЯНИЯ НА БИОМЕХАНИКУ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА	190
М.В. Илларионова, Т.М. Сумарокова КЛАССИФИКАЦИЯ РАМОЧНЫХ ЗАМКОВ И ВЛИЯНИЕ ВИДА ЗАМКА НА МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЖЕВЕННО-ГАЛАНТЕРЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ	197
А.А. Исмангулова, Д.В. Саморуков УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБУВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0: ПРОБЛЕМА КОЖЕВЕННЫХ ОТХОДОВ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ	206
И.В. Колчин, Н.В. Яковлева ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ФОРМЫ ОБУВИ НА КОМФОРТНОСТЬ В СТАТИКЕ И ДИНАМИКЕ	211
В.С. Никитина, Л.Г. Семенова ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОТЫ КАБЛУКА НА БОМЕХАНИКУ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА	219
С.И. Сухенко, Л.Г. Семенова НЕСТАНДАРТНЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ КОЛЛЕКЦИИ	225
С.Н. Чехлатая ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОРСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ СУМОК ПО МОТИВАМ СОВЕТСКОГО НАСЛЕДИЯ	233
Я.А. Янтюрин РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА КОЛЛЕКЦИИ ЖЕНСКОЙ ПОВСЕДНЕВНОЙ ОБУВИ, ОРИЕНТИРОВАННОЙ НА ФАНДОМ-СООБЩЕСТВО	237
Н.Ю. Карабанова ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЮБОК В ТРЕХМЕРНОЙ САПР	245
А.А. Ходус НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КНИЖНОМ ОФОРМЛЕНИИ ПРОЗЫ ЛЕОНИДА АНДРЕЕВА	253
А. Р. Мочалов, А. В. Тяг Название не определено	257
Зайцев. Н. А., Тяг А.В. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПАМЯТИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССОРОВ НА ОСНОВЕ RISC И CISC НА ПРИМЕРЕ INTEL/AMD (SET) И ARM MTE	264
П.А. Канатчиков ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫШИТЫХ ПРОВОДЯЩИХ ЛИНИЙ И ЗНАЧИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ	270

УДК 688.72

М.В. Зубкова, И.В. Андреева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186. Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДЕРЕВЯННЫХ ИГРУШЕК

В работе рассмотрена история появления деревянной игрушки и подробно представлена ее классификация. Рассчитана структура ассортимента интернет-магазина «Игросити», в результате проведенного опроса потребителей, выбраны объекты исследования. Проведена оценка качества выбранных деревянных игрушек и рассчитана конкурентоспособность. Оценка качества показала, что исследуемые образы соответствуют требованиям нормативной документации, наиболее конкурентоспособным является образец производителя «Томик».

Ключевые слова: деревянная игрушка, структура ассортимента, опрос, оценка качества, конкурентоспособность.

M.V. Zubkova, I.V. Andreeva

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186. Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF WOODEN TOYS

The paper examines the history of the emergence of wooden toys and provides a detailed classification of them. The structure of the assortment of the online store Igrositi was calculated based on a consumer survey, and the objects of research were selected. The quality of the selected wooden toys was assessed, and their competitiveness was calculated. The quality assessment showed that the studied images meet the requirements of regulatory documentation, and the most competitive sample is from the Tomik manufacturer.

Keywords: wooden toy, assortment structure, survey, quality assessment, competitiveness.

Игрушки – это изделия, предназначенные не только для игры, но и служащие умственному, нравственному, эстетическому и физическому воспитанию. В каждом доме, где есть дети, можно найти различного рода игрушки из пластмассы, текстиля, резины, но довольно редко встречаются игрушки, сделанные из дерева.

Деревянная игрушка – это одна из фундаментальных частей народной культуры и человеческого бытия. Ценителями деревянной игрушки являлись не только дети, но и взрослые. Помимо того, что деревянная игрушка всегда была спутником детства, она являлась важным этническим элементом и памятником традиционной культуры русского народа, определяющим его духовную и национально-культурную уникальность.

Отечественная деревянная игрушка прошла путь развития от крестьянской самодельной игрушки до ремесленной промысловой игрушки, сохранив основные образы и сюжеты. Сегодня она является неотъемлемой частью народного искусства, традиционным русским сувениром и экспонатом художественных выставок.

Мир отечественной деревянной игрушки представлен крестьянской и ремесленной игрушкой. В крестьянской деревянной игрушке можно увидеть древние архетипы, отголоски картины мира, которые заложили в основу игрушки яркую образность, определенный набор персонажей, специфику пластического выражения, а также послужили началом последующего ее развития [1].

Изготовление игрушек из дерева является кропотливым трудом. Он объединяет нанесение эскиза игрушки из дерева, вырезание изделия по нанесенному контуру, шлифование (чтобы исключить возможность пораниться) и покраску. Внешнее оформление игр и игрушек зависит от производителя (а точнее, художников). Деревянные изделия характеризуются экологичностью, прочностью, своеобразностью и долговечностью.

В старину игрушки из дерева далеко не всегда предназначались для детей. Часто деревянные фигурки использовались в различных обрядах и ритуалах (Древний Египет, Древний Рим и др.), им приписывалась связь с потусторонними силами.

История деревянной детской игрушки на Руси датируется IX веком. В восточно-славянских племенах на забаву детям изготавливались деревянные игрушки – потешки. Самыми популярными видами потешек на Руси были свистульки (рисунок 1), фигурки и трещотки.



Рис. 1. Свистульки

Самым большим центром по изготовлению деревянных игрушек в России был Сергиев Посад и село Богородское, где игрушечное дело было известно с XVII в. Село Богородское специализировалось на производстве неокрашенных деревянных игрушек, которые продавались живописцам из Сергиева Посада для последующей их окраски. С начала XIX в. богородские резчики перестали продавать деревянные заготовки – «белье» и стали изготавливать игрушки из неокрашенного дерева. Такие игрушки отличались своими конструктивными решениями: на подвижных планках, с балансом, с пружинами, с кнопками и пр. (рисунок 2).



Рис. 2. Богородская игрушка

Прекрасным образцом промысловой игрушки является матрешка. Она появилась в 1890-х гг. в московской мастерской А.И. Мамонтова «Детское воспитание». Ее авторы воссоздали образ русской девушки Матрены (рисунок 3). Русская матрешка стала известной во всем мире игрушкой-сувениром [1].

В настоящее время идейно-художественные образы игрушки в значительной мере определены ее социальным назначением и функциями, по которым классифицированы деревянные игрушки. В литературе представлены разные виды классификаций деревянных игрушек [2].

По назначению различают развивающие, образно-сюжетные, спортивные и конструктивные.

По способу изготовления, виду материала бывают столярные игрушки, которые вырабатывают из дуба и бука (строительные наборы, транспортные игрушки, домашняя утварь и сельскохозяйственный инвентарь), токарные игрушки – из липы, осины, березы и ольхи. Этим способом изготавливают очень широкий ассортимент деревянных игрушек; резные, рельефные и плоские (фигуры животных, людей, птиц) и плетеные.

По отделке – обработанные красками или прозрачными лаками, резьбой, выжиганием, живописью и др.



Рис. 3. Русская матрешка

По виду игрушек различают пазлы, мозаики, вкладыши, пирамидки, головоломки, игрушечную мебель, посуду, фигурки, куклы, кубики, изделия по богородским мотивам, счеты, музыкальные инструменты (дудки, погремушки, свистульки, трещотки, маракасы), тактильные игрушки для моторики, изделия для росписи [3].

Для каждого этапа в развитии ребенка исследователи рекомендуют родителям и воспитателям примерный перечень игрушек. В первые месяцы жизни ребенка – это игрушки, развивающие зрение, концентрацию внимания, слух, внимание, осязание (шкатулки, погремушки, пирамидки). Для детей от 1 года до 3 лет – игрушки, направленные на развитие мелкой моторики, логического мышления, восприятия формы, цвета, размера, ориентации в пространстве (матрешки, пазлы, игрушки-вкладыши, наборы посуды, ходунки, кубики, кони-качалки, пирамидки). Деревянные игрушки для детей 3–6 лет развивают самостоятельность и фантазию (музыкальные инструменты, игрушки-забавы, кукольная мебель и наборы посуды, транспортные игрушки, конструкторы-трансформеры, мозаика, дидактические (обучающие) игрушки, наборы цифр и букв, инструменты. Деревянные игрушки для детей от 6 лет – это конструкторы, шахматы и шашки [4].

В настоящее время рынок широко представлен игрушками различного вида, из разнообразных материалов, всеми направлениями педагогического воспитания и для любого возраста. По данным Ассоциации предприятий индустрии детских товаров (АИДТ) объем продаж игрушек за 2025 г. составил 250 млрд р. Темпы роста рынка по сравнению с показателями 2024 г. снизились и составили 4,2 % [5].

Сектор деревянных игрушек составляет 5 % от всего рынка игрушек. На российском рынке преобладают деревянные игрушки отечественного производства. С каждым годом внутреннее производство постепенно растет. Основными производителями деревянных игрушек следующие предприятия: «РОСЭКО», «Краснокамская фабрика деревянной игрушки», «VochArt», «Пеструшки», «ПОЛНОЦВЕТ», «123Toys», «Дворики», «Десятое королевство», «Пелси», «Богородская фабрика», «Тимбергрупп», «Леснушки», «ШУША», «Томик», «Лукоморье», «РУССКАЯ ДЕРЕВЯННАЯ ИГРУШКА», «Потешки», «Живая игрушка», «Чудово», «Деревяшер», «Тили-Дили», «Вальда». Российские производители вынуждены конкурировать с китайскими производителями, а также компаниями из стран ближнего зарубежья, например украинским «Ugears» и белорусским «Woody».

В работе рассмотрена деятельность интернет-магазина «Игросити», который реализует игрушки для детей от 1–2 месяцев до младшего школьного возраста, различных производителей.

Магазин «Игросити» был основан в 2007 году, является одним из предприятий, предлагающих деревянные игрушки на российском рынке. Реализация продукции осуществляется во всех регионах России. На предприятии представлены 13 категорий товаров [6].

В ходе работы рассчитана структура ассортимента товаров интернет-магазина «Игросити», установлено, что основными товарами являются полиграфия (27 %) и деревянные игрушки (20 %), большая часть товаров для детей в возрасте 5–6 лет (34 %). В ассортименте преобладают дидактические игрушки (26 %).

С целью выявления предпочтений покупателей при приобретении деревянных игрушек, была разработана анкета и проведен социологический опрос потребителей игрушек, в котором участвовало 107 человек. Выявлено, что покупателями игрушек в основном являются женщины в возрасте 19–30 лет (79 %), рабочие, которые приобретают игрушки для своих детей. Большинство респондентов (73 %) не покупают деревянные игрушки. 17 % опрошенных приобретают деревянные игрушки только в качестве подарка к праздникам, предпочитают отечественных производителей (46 %), таких, как «Томик» (15 %),

«Пелси» (13 %) и «Краснокамская игрушка» (12 %). Популярными видами деревянных игрушек являются кубики (23 %) и музыкальные инструменты (21 %). При покупке предпочитают, чтобы деревянные игрушки были качественно сделаны (32 %).

В результате анализа покупательского спроса выбраны объекты исследования – 3 образца деревянных кубиков отечественных производителей, характеристика которых представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика объектов исследования

Показатель	Образец		
	1	2	3
Внешний вид			
Наименование фирмы-производителя	«Томик»	«Краснокамская игрушка»	«Пелси»
Страна-изготовитель	Россия	Россия	Россия
Возраст	3+	3+	3+

Оценка качества проведена в соответствии с требованиями ГОСТ 25779-90 «Игрушки. Общие требования безопасности и методы контроля», ГОСТ EN 71-1-2022 «Игрушки. Требования безопасности. Часть 1. Механические и физические свойства», ГОСТ Р 53906-2010 «Игрушки. Общие требования безопасности и методы испытаний», ТР ТС 008/2011 «О безопасности игрушек».

Определены основные свойства деревянных игрушек по стандартным методикам.

Результаты исследования маркировки и упаковки представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты исследования маркировки и упаковки

Требования нормативной документации	Образец		
	1	2	3
Наименование игрушки	Кубики «Сложи рисунок. Животные»	Кубики настроения	Кубики на оси «Времена года»
Наименование страны	Россия	Россия	Россия
Наименование и местонахождение изготовителя	+	+	+
Товарный знак изготовителя (при наличии)	+	+	+
Возрастное ограничение	3+	3+	3+
Дата изготовления (месяц, год)	+	+	+
Срок службы или срок годности (при их установлении)	5 лет	5 лет	2 года
Наличие единого знака обращения членом ТС	+	+	+
Упаковка	Индивидуальная (термопленка + коробка)	Индивидуальная (коробка)	Индивидуальная (термопленка)
Размер упаковки, см	9/ 9/ 4	8/ 8/ 4	20.5/ 4.5/ 4

По полученным данным образцы соответствуют требованиям нормативной документации.

Определены органолептические показатели и механические свойства выбранных объектов исследования (деревянных игрушек). Данные представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Результаты исследования органолептических показателей

Показатель	Требования нормативной документации (ГОСТ 25779-90)	Образец		
		1	2	3
Состав (материал)	Не допускаются червоточины и сучки	Изготовлено из хвойных пород: сосна, ель. Не имеет червоточин и сучков	Изготовлено из отборной древесины: сосна, ель, береза, липа. Червоточин и сучков не имеется	Изготовлено из березы. Не имеет червоточин и сучков
Поверхность и края детали	Не допускаются трещины, сколы, зазубрины, заусенцы	Поверхность шершавая, дефектов в виде сколов, зазубрин или трещин не имеется	Поверхность гладкая за счет лакокрасочного покрытия. Дефектов в виде сколов, зазубрин или трещин нет	Гладкая поверхность, зазубрин или трещин нет
Зазоры между соединяющимися частями/деталю и корпуса игрушки, мм:	Не более 2	1,3	1	1
Запах, баллы:	Не более 2	Выраженный – 2	Слабовыраженный – 0,5	Слабовыраженный – 1

Таблица 4. Результаты исследования механических свойств

Показатель	Требования нормативной документации (ГОСТ Р 53906-2010, ГОСТ 25779-90)	Образец		
		1	2	3
Устойчивость при ударе	Не допускаются нарушения целостности корпуса, острые кромки и концы	Целостность корпуса не нарушена, острых кромок не имеется	Целостность корпуса не нарушена, острых кромок не имеется	Целостность корпуса не нарушена, острых кромок не имеется
Прочность под давлением	Не допускаются нарушения целостности корпуса, острые кромки и концы	Целостность корпуса игрушки не нарушена	Целостность корпуса игрушки не нарушена	Целостность корпуса игрушки не нарушена
Защитно-декоративное покрытие (воздействие пота и слюны)	Не допускается блеклость и схождение красок/лака с поверхности игрушки	Соответствует	Соответствует	Соответствует
Масса, г:	Не более 400	149	130	165

По данным таблиц 3 и 4 видно, что все образцы соответствуют требованиям нормативной документации по рассмотренным показателям.

Проведена экспертная оценка конкурентоспособности объектов исследования. В качестве экспертов выступали производители детских игрушек. Определена значимость показателей и оценка каждого параметра образцов в баллах. Рассчитанный коэффициент конкордации (0,78) показал, что мнения экспертов согласованы. Рассчитан комплексный показатель конкурентоспособности, данные представлены в таблице 5.

Таблица 5. Расчет комплексного показателя конкурентоспособности

Показатель	Образец		
	1	2	3
Наименование фирмы-производителя	«Томик»	«Краснокамская игрушка»	«Пелси»
Комплексный показатель конкурентоспособности	0,93	0,84	0,81

По полученным данным наиболее конкурентоспособным является образец 1 (производитель «Томик»).

В результате проведенного исследования установлено, что все образцы соответствуют требованиям нормативной документации и могут быть рекомендованы к приобретению, предпочтительнее выбирать образец торговой марки «Томик».

Список литературы

1. Суркова А.С. Деревянная игрушка России: от ремесла к искусству. Ч.: Чувашский государственный педагогический университет им.И.Я. Яков-лева, 2019. 66 с.
2. Золотова С.В. Справочник по товароведению непродовольственных товаров: учеб. пособие для науч. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 224 с.
3. Выготский Л.С. Психология развития ребенка. М.: Изд-во Эксмо, 2005. 23 с.
4. Ауэрбах С. Правильные игры с правильными игрушками. – М.: Изд-во Попурри, 2008. – 12 с.
5. Рынок игрушек в России в 2025 году. URL: <https://tebiz.ru/mi/rynok-igr-i-igrushek-v-rossii> (дата обращения 22.01.2026).
6. Интернет-магазин «Игросити». URL: <https://www.igrocity.ru/> (дата обращения 26.01.2026).

References

1. Surkova A.S. Wooden Toy of Russia: from Craft to Art. Ch.: Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev, 2019. 66 p. (in Rus.).
2. Zolotova S.V. Handbook on Commodity Science of Non-Food Products: textbook. manual for scientific professional education. M.: Publishing Center "Academy", 2010. 224 p. (in Rus.).
3. Vygotsky, L.S. Child Development Psychology. Moscow: Eksmo Publishing House, 2005. 23 p. (in Rus.).
4. Auerbach, S. Playing the Right Games with the Right Toys. Moscow: Popurri Publishing House, 2008. 12 p.
5. The Russian Toy Market in 2025. URL: <https://tebiz.ru/mi/rynok-igr-i-igrushek-v-rossii> (accessed on 22.01.2026).
6. Igrocity online store. URL: <https://www.igrocity.ru/> (accessed on 26.01.2026).

УДК 541.183.24

И. Кантерман, Ж.Ю. КойтоваСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18**КИНЕТИКА ИОННОГО ОБМЕНА Li^+/H^+ НА ШПИНЕЛИ $\lambda\text{-MnO}_2$: РОЛЬ ВНУТРИЧАСТИЧНОЙ ДИФФУЗИИ**

© И. Кантерман, Ж.Ю. Койтова, 2026

Исследована кинетика сорбции Li^+ на шпинельном ионном сите $\lambda\text{-MnO}_2$ (образец LMO-1002) методом автоматического рН-статического титрования для трёх фракций по размеру частиц (106–150, 150–250 и 250–300 мкм). Эффективные (кажущиеся) коэффициенты внутричастичной диффузии определены на основе аналитического решения уравнения диффузии Фика для сферы и по модели Вебера–Морриса. Значения D составляют от 10^{-10} до 10^{-9} см²/с. Масштабный анализ указывает на смешанный кинетический контроль, включающий внутричастичную диффузию и поверхностную реакцию ионного обмена.

Ключевые слова: сорбция лития, $\lambda\text{-MnO}_2$ внутричастичная диффузия, рН-статическое титрование, модель Вебера–Морриса, закон Фика, размер частиц, ионное сито.

I. Kanterman, Zh.Yu. KoitovaSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
18 Bolshaya Morskaya st., St. Petersburg, 191186, Russia**KINETICS OF Li^+/H^+ ION EXCHANGE ON $\lambda\text{-MnO}_2$ SPINEL: THE ROLE OF INTRAPARTICLE DIFFUSION**

The kinetics of Li^+ sorption on $\lambda\text{-MnO}_2$ spinel ion sieve (sample LMO-1002) were studied by automated pH-stat titration for three particle size fractions (106–150, 150–250, and 250–300 μm). The effective intraparticle diffusion coefficients were determined by fitting Fick's second law for a sphere and by the Weber–Morris model. The values range from 10^{-10} to 10^{-9} cm²/s. Scaling analysis revealed mixed kinetic control involving both intraparticle diffusion and surface ion-exchange reaction.

Keywords: lithium sorption, $\lambda\text{-MnO}_2$, intraparticle diffusion, pH-stat titration, Weber–Morris model, Fick's law, particle size, ion sieve.

1. Введение

Шпинельные оксиды марганца ($\lambda\text{-MnO}_2$) являются одними из наиболее перспективных адсорбентов для технологии прямого извлечения лития (DLE) из рассолов и геотермальных вод благодаря высокой селективности, низкой токсичности и регенерируемости [1–5]. Механизм сорбции включает топотактическую реакцию ионного обмена H^+/Li^+ в решётке шпинели, при которой ионы лития преимущественно занимают тетраэдрические позиции 8a [6,7]. Расчёты методом DFT, выполненные Gao et al. [9], показали, что Li^+ в позициях 8a обменивается предпочтительно по сравнению с Li^+ в октаэдрических позициях 16d, с более низкими энергетическими барьерами диффузии через ближайшие вакантные позиции 8a. Эти результаты указывают на то, что внутричастичная твердофазная диффузия Li^+ через шпинельный каркас может быть лимитирующей стадией.

Кинетика сорбции Li^+ на сорбентах на основе LMO изучалась рядом исследовательских групп. Кольшкин и др. [8] применили метод рН-статического титрования с катионитом $\text{Li}[\text{Mn}^{3+}\text{Mn}^{4+}]\text{O}_4$ различных фракций по размеру частиц и показали, что скорость обмена обратно пропорциональна квадрату радиуса частицы, что согласуется с внутридиффузионным контролем. Трассерные измерения методом вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС), выполненные Kuwata et al. [10], дали значения D^* от 10^{-17} до 10^{-9} см²/с для тонких плёнок $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ при комнатной температуре. Однако эти значения для тонких плёнок не могут быть непосредственно перенесены на макроскопическую кинетику сорбции дисперсных минеральных сорбентов.

В настоящей работе представлено детальное кинетическое исследование сорбции Li^+ на $\lambda\text{-MnO}_2$ (образец LMO-1002) для трёх фракций по размеру частиц (106–150, 150–250 и 250–300 мкм) методом рН-статического титрования. Эффективный коэффициент внутричастичной диффузии определён по второму закону Фика [11] и модели Вебера–Морриса [12].

2. Экспериментальная часть

Шпинельный LiMn_2O_4 (LMO-1002) переводили в H-форму ($\lambda\text{-MnO}_2$) кислотной обработкой и рассеивали на три фракции: 106–150, 150–250 и 250–300 мкм. Перед экспериментом сорбент высушивали бумажными фильтрами; влажность определяли отдельно для пересчёта на сухую массу.

Кинетику сорбции измеряли методом автоматического рН-статического титрования [8]. В ячейку для титрования, оснащённую рН-электродом, термометром, 3D-мешалкой и трубкой подачи аргона, помещали 50 мл 0,01 М раствора LiCl и добавляли предварительно взвешенный сорбент (0,098–0,109 г сухой массы). Титратор работал в режиме рН-стат, поддерживая рН = 8,0 дозированием 0,01 М LiOH. Параметры дозирования: шаг 0,01 мл, скорость 10% (0,7 мл/мин), длительность 400 мин. При сорбции ионы Li⁺ интеркалируются в решётку шпинели по механизму ионного обмена (Li⁺ ↔ H⁺), высвобождая протоны и снижая рН. Титратор компенсирует это добавлением LiOH, поэтому кумулятивный объём титранта прямо пропорционален количеству сорбированного лития, что обеспечивает непрерывный мониторинг кинетики в реальном времени. Непрерывное дозирование LiOH частично компенсирует убыль Li⁺ из раствора за счёт сорбции. Однако добавление значительного объёма титранта (до 40–45 мл) приводит к разбавлению раствора, снижая концентрацию Li⁺ приблизительно вдвое к концу эксперимента. Таким образом, граничное условие постоянной поверхностной концентрации в модели Фика [11] выполняется лишь приближённо, что вносит систематическую погрешность в определение D. Также необходимо отметить, что рН-статический режим не выдерживался из-за высокой начальной скорости выделения протонов: как видно, среднее значение рН ниже чем заданный уровень.

В качестве эффективного радиуса частицы использовалось среднее геометрическое значение границ ситовой фракции: $r = \sqrt{\frac{d_{min}}{2} \cdot \frac{d_{max}}{2}}$. Условия экспериментов приведены в табл. 1.

Эффективный коэффициент диффузии D определяли двумя подходами: (1) нелинейная аппроксимация полного решения второго закона Фика для сферы [11]:

$$F(t) = 1 - \left(\frac{6}{\pi^2}\right) \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{n^2}\right) \exp\left(\frac{-n^2 \pi^2 Dt}{r^2}\right)$$

с D и E_∞ в качестве подгоняемых параметров; (2) модель внутричастичной диффузии Вебера–Морриса [12]: $E(t) = k_p \sqrt{t} + C$, где k_p — константа скорости внутричастичной диффузии. Коэффициент D рассчитывали по наклону стадии II (10–60 мин) из соотношения:

$$D = \frac{k_p^2 \rho \cdot r^2 \cdot \pi}{36 \cdot E_{\infty}^2}$$

Таблица 1. Условия кинетических экспериментов

Параметр	106–150 мкм	150–250 мкм	250–300 мкм
Масса сорб. (сух.), г	0,098	0,109	0,102
C(LiOH), М	0,01	0,01	0,01
V(LiCl), мл	50	50	50
рН уставка	8,0	8,0	8,0
рН средний	7,05	7,32	7,46
T, °C	21,3	20,0	21,3
Длительность, мин	403	402	402
r (ср. геом.), мкм	63,0	96,8	136,9

3. Результаты

На рис. 1 представлены кинетические кривые E(t). Мелкая фракция (106–150 мкм) достигла 31,3 мг Li/г (~82% теоретической ёмкости ~38,7 мг/г [4]), фракция 150–250 мкм достигла 25,7 мг/г (66%), а фракция 250–300 мкм — 17,1 мг/г (44%). Монотонное убывание сорбции с ростом размера частиц подтверждает диффузионно-лимитированную кинетику. Параметры модели Фика приведены в табл. 2.

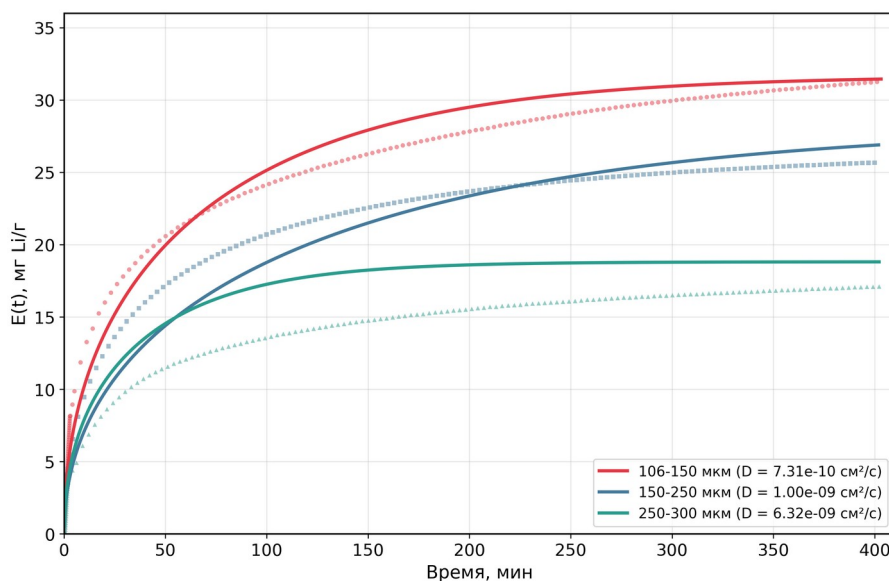

 Рис. 1. Кинетические кривые сорбции Li^+ на LMO-1002. Точки – эксп. данные; линии – модель Фика

Таблица 2. Кинетические параметры сорбции

Параметр	106–150 мкм	150–250 мкм	250–300 мкм
E_{max} (эксп.), мг/г	31,3	25,7	17,1
$F(400 \text{ мин})^*$	0,99	0,81	0,54
E_{∞} (мод. Фика), мг/г	31,7	28,2	18,8
D (мод. Фика), $\text{см}^2/\text{с}$	$7,3 \times 10^{-10}$	$1,0 \times 10^{-9}$	$6,3 \times 10^{-9}$
R^2	0,987	0,973	0,812

* $F(400 \text{ мин})$ рассчитано относительно $E_{\infty} = 31,7 \text{ мг/г}$ (из аппроксимации мелкой фракции, наиболее близкой к равновесию), а не относительно индивидуальных E_{∞} .

На рис. 2 представлены диаграммы Вебера–Морриса (E от \sqrt{t}). Все три набора данных демонстрируют мультилинейность с четырьмя стадиями: стадия I (0–10 мин, быстрое начальное поглощение), стадия II (10–60 мин, внутрочастичная диффузия), стадия III (60–200 мин, диффузия в глубокие поры) и стадия IV (200–400 мин, приближение к равновесию). Ненулевые отсечения подтверждают смешанный диффузионный контроль [12]. Константы скорости приведены в табл. 3.

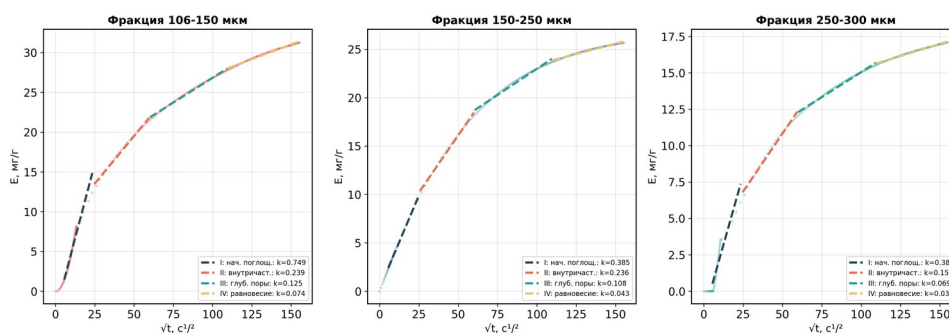


Рис. 2. Диаграммы Вебера–Морриса для трёх фракций LMO-1002

 Таблица 3. Константы скорости Вебера–Морриса k_p ($\text{мг} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{с}^{-1/2}$)

Стадия	Время	$k(106-150)$	$k(150-250)$	$k(250-300)$	Процесс
I	0–10 мин	0,749	0,385	0,383	Нач. поглощ.*
II	10–60 мин	0,239	0,236	0,159	Внутрочаст.
III	60–200 мин	0,125	0,108	0,069	Глуб. поры
IV	200–400 мин	0,074	0,043	0,033	Равновесие

* Константа k_p для стадии I носит феноменологический характер: начальное поглощение определяется поверхностной реакцией и/или плёночной диффузией, линейными по t , а не по \sqrt{t} .

В табл. 4 обобщены значения D , полученные обоими методами. Полная аппроксимация по модели Фика с индивидуальным E_∞ даёт $D = (0,7-6,3) \times 10^{-9}$ см²/с; анализ стадии II Вебера–Морриса с общим $E_\infty = 31,7$ мг/г – $(2,0-4,5) \times 10^{-10}$ см²/с. Долговременное приближение (рис. 3, 4) даёт промежуточные оценки.

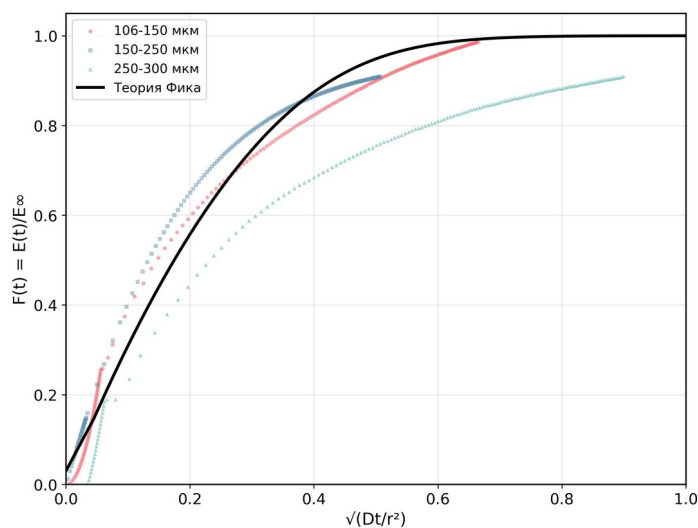


Рис. 3. Нормированная кривая Фика $F(t)$ от $\sqrt{(Dt/r^2)}$. Чёрная линия — теория

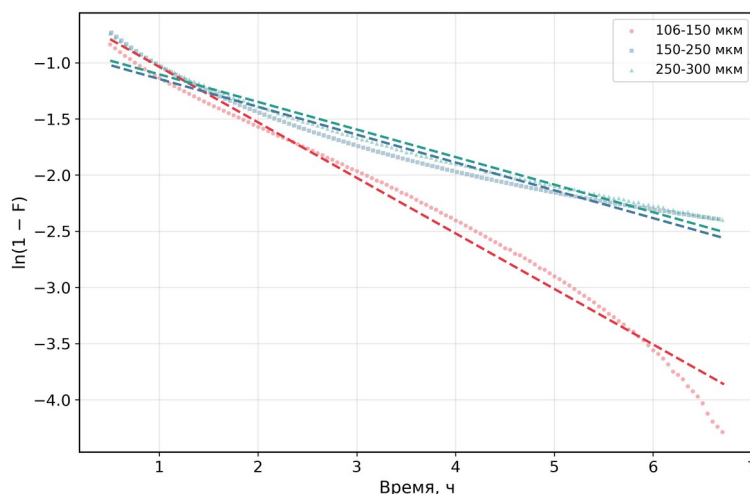


Рис. 4. Долговременное приближение: $\ln(1-F)$ от t

Таблица 4. Эффективные коэффициенты диффузии D (см²/с)

Метод	106–150 мкм	150–250 мкм	250–300 мкм
Аппрокс. Фика (инд. E_∞)	$7,3 \times 10^{-10}$	$1,0 \times 10^{-9}$	$6,3 \times 10^{-9}$
Стадия II, $E_\infty=31,7$ мг/г	$2,0 \times 10^{-10}$	$4,5 \times 10^{-10}$	$4,1 \times 10^{-10}$
Долговрем. пригл.	$6,6 \times 10^{-10}$	$1,3 \times 10^{-9}$	$3,2 \times 10^{-9}$

4. Обсуждение

Полученные данные демонстрируют чёткую зависимость скорости сорбции от размера частиц, ожидаемую для диффузионно-контролируемого процесса, где характерное время масштабируется как r^2/D [11]. Максимальная сорбция за 400 мин монотонно убывает с ростом размера частиц: $31,3 > 25,7 > 17,1$ мг/г, что соответствует ожидаемой зависимости. Степень достижения равновесия $F(400 \text{ мин})$ составила 0,99; 0,81 и 0,54 (относительно $E_\infty = 31,7$ мг/г), подтверждая, что для крупных частиц 400 мин недостаточно для выхода на равновесие.

Для чисто внутричастичной диффузии k_{ip} должна масштабироваться как $1/r$ [12]. Наблюдаемые отношения наклонов стадии II отклоняются от этого предсказания: $\frac{k_{ip}(106-150)}{k_{ip}(150-250)} = 1,01$ при ожидаемом 1,54; $\frac{k_{ip}(106-150)}{k_{ip}(250-300)} = 1,50$ при ожидаемом 2,17. Это указывает на смешанный кинетический контроль, включающий внутричастичную диффузию и реакцию ионного обмена H^+/Li^+ на поверхности [8,9].

Отдельного обсуждения заслуживает проблема определения равновесной ёмкости E_{∞} . Эта величина является термодинамическим свойством материала и не должна зависеть от размера частиц. Тем не менее, при свободной аппроксимации по модели Фика для каждой фракции получаются различающиеся значения E_{∞} : 31,7; 28,2 и 18,8 мг/г. Это указывает на то, что крупные фракции не достигли равновесия за 400 мин эксперимента, и модель вынуждена занижать E_{∞} для компенсации недостатка данных на заключительном участке кривой. Заниженные E_{∞} , в свою очередь, приводят к завышению D . Данное ограничение следует учитывать при интерпретации результатов табл. 2 и 4.

Следует подчеркнуть, что полученные значения D (10^{-10} – 10^{-9} см²/с) представляют собой кажущиеся (эффективные) коэффициенты диффузии, характеризующие перенос Li^+ в пористой частице сорбента в целом. Эта величина включает вклад диффузии ионов через заполненное раствором поровое пространство частицы, но не может отождествляться с коэффициентом твердофазной диффузии лития в кристаллической решётке шпинели. Трассерные коэффициенты диффузии Li в плотных тонких плёнках $LiMn_2O_4$, измеренные методом вторично-ионной масс-спектрометрии (ВИМС) [10], составляют от 10^{-17} до 10^{-12} см²/с при комнатной температуре, что на 3–7 порядков ниже полученных нами значений. Эта разница закономерна: макропоровая диффузия ионов в жидкой фазе внутри пор частицы существенно быстрее, чем их перемещение в кристаллической решётке. Таким образом, прямое сравнение наших эффективных D с литературными коэффициентами твердофазной диффузии некорректно.

5. Выводы

Кинетика сорбции Li^+ на λ - MnO_2 (LMO-1002) изучена для трёх фракций по размеру частиц методом рН-статического титрования. Мелкая фракция (106–150 мкм) достигла 82% теоретической ёмкости за 400 мин, средняя (150–250 мкм) – 66%, крупная (250–300 мкм) – 44%. Анализ Вебера–Морриса выявил четыре кинетических стадии. Кажущиеся (эффективные) коэффициенты диффузии, характеризующие перенос Li^+ в пористых частицах сорбента: $7,3 \times 10^{-10}$ – $6,3 \times 10^{-9}$ см²/с (модель Фика) и $2,0$ – $4,5 \times 10^{-10}$ см²/с (стадия II Вебера–Морриса). Эти значения отражают макропоровую диффузию и не могут отождествляться с коэффициентами твердофазной диффузии в решётке шпинели. Масштабный анализ указывает на смешанный кинетический контроль. Зависимость результатов от выбора E_{∞} требует проведения более длительных экспериментов с независимым определением равновесной ёмкости.

Список литературы

1. Grey C.P., Hall D.S. Prospects for lithium-ion batteries and beyond – a 2030 vision // *Nature Communications*. 2020. Vol. 11. P. 6279.
2. Sun Y., Wang Q., Wang Y. et al. Recent advances in magnesium/lithium separation and lithium extraction technologies from salt lake brine // *Separation and Purification Technology*. 2021. Vol. 256. P. 117807.
3. Xu X., Chen Y., Wan P. et al. Extraction of lithium with functionalized lithium ion-sieves // *Progress in Materials Science*. 2016. Vol. 84. P. 276–313.
4. Safari S., Lottermoser B.G., Alessi D.S. Metal oxide sorbents for the sustainable recovery of lithium from unconventional resources // *Applied Materials Today*. 2020. Vol. 19. P. 100638.
5. Feng Q., Kanoh H., Ooi K. Manganese oxide porous crystals // *Journal of Materials Chemistry*. 1999. Vol. 9. P. 319–333.
6. Marthi R., Smith Y.R. Selective recovery of lithium from the Great Salt Lake using lithium manganese oxide-diatomaceous earth composite // *Hydrometallurgy*. 2019. Vol. 186. P. 115–125.
7. Chitrakar R., Kanoh H., Miyai Y., Ooi K. A new type of manganese oxide derived from $Li_{1.6}Mn_{1.6}O_4$ // *Chemistry of Materials*. 2000. Vol. 12. P. 3151–3157.
8. Кольшшин А.С., Саенко Е.В., Нагорный О.В., Вольхин В.В. Кинетика ионного обмена на неорганическом катионите со структурой литий-марганцевой шпинели // *Журнал физической химии*. 2005. Т. 79. № 3. С. 552–556.
9. Gao A., Hou X., Sun Z. et al. Lithium-desorption mechanism in $LiMn_2O_4$, $Li_{1.33}Mn_{1.67}O_4$, and $Li_{1.6}Mn_{1.6}O_4$ // *Journal of Materials Chemistry A*. 2019. Vol. 7. P. 20878–20890.

10. Kuwata N., Hasegawa G., Maeda D. et al. Tracer diffusion coefficients of Li ions in $\text{Li}_x\text{Mn}_2\text{O}_4$ thin films // Journal of Physical Chemistry C. 2020. Vol. 124. P. 22981–22992.
11. Crank J. The Mathematics of Diffusion. Oxford: Oxford University Press, 1979. 414 p.
12. Weber W.J., Morris J.C. Kinetics of adsorption on carbon from solution // Journal of the Sanitary Engineering Division. 1963. Vol. 89. P. 31–60.

УДК 677.017

А.В. Панфилова, Е.Н. ДресвянинаСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**РАЗРАБОТКА НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН
ДЛЯ СПОРТИВНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ФИГУРНОГО КАТАНИЯ**

© А.В. Панфилова, Е.Н. Дресвянина 2026

Разработана номенклатура показателей качества трикотажных полотен, предназначенных для спортивных изделий (на примере фигурного катания). Актуальность работы обусловлена необходимостью систематизации требований к материалам с учетом специфики высоких физических нагрузок и эстетических требований в данном виде спорта. На основе метода экспертных оценок определены наиболее значимые показатели качества: гигроскопичность, воздухопроницаемость, устойчивость окраски к мокрому трению и растяжимость. Экспериментальные исследования трех образцов бифлекса, включая испытания на приборах ПР-3, ПТ-4 и ВПТМ-2, подтвердили их соответствие требованиям ГОСТ Р 59578-2021. Все образцы отнесены ко II группе растяжимости и обладают высокой устойчивостью окраски

Ключевые слова: трикотажные полотна, бифлекс, гигроскопичность, воздухопроницаемость, устойчивость окраски и растяжимость при нагрузках

A.V. Panfilova, E.N. DresvyaninaSaint Petersburg State University of Industrial Technologies
and Design 191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**DEVELOPMENT OF A NOMENCLATURE OF QUALITY INDICATORS FOR KNITTED FABRICS
FOR SPORTS GOODS INTENDED FOR FIGURE SKATING**

The article presents the development of a nomenclature of quality indicators for knitted fabrics intended for sports products (using the example of figure skating). The relevance of the work is due to the need to systematize requirements for materials, taking into account the specifics of high physical exertion and aesthetic requirements in this sport. Based on the expert assessment method, the most significant quality indicators were identified: hygroscopicity, air permeability, color fastness to wet rubbing and extensibility. Experimental studies of three samples of biflex, including tests on PR-3, PT-4 and VPTM-2 instruments, confirmed their compliance with the requirements of GOST R 59578-2021. All samples are classified as group II in terms of extensibility and have high color fastness.

Keywords: knitted fabrics, biflex, hygroscopicity, breathability, color fastness and stretchability under load.

В фигурном катании костюм спортсмена является полноценной составляющей образа, оцениваемой судьями наравне с техникой исполнения элементов. Повышенные требования к функциональным, эргономическим и эксплуатационным характеристикам спортивных изделий обусловлены высокими физическими нагрузками, работой в условиях пониженных температур ледовой арены и необходимостью сохранения эстетичного внешнего вида. В этой связи особую роль играют трикотажные полотна, структура и волокнистый состав которых определяют формоустойчивость, растяжимость, воздухопроницаемость и гигроскопичность. Однако существующая нормативная и научная литература недостаточно систематизирует показатели качества именно для данной группы изделий, что обуславливает актуальность выбранной темы.

Ассортимент трикотажных полотен для спортивной одежды представляет собой сложную, дифференцированную систему. Выбор конкретного материала для костюма фигуриста определяется необходимостью обеспечения паритета между тремя группами требований: функциональными (максимальная эластичность, прочность, износостойкость), гигиеническими (высокие сорбционные свойства, воздухопроницаемость) и эстетическими (блеск, драпируемость, цветовая устойчивость). Доминирующей группой, как показывает анализ рыночных предложений и практики дизайнеров, являются гладкие высокорастяжимые кулирные полотна на основе синтетических волокон с обязательным содержанием эластана.

Наиболее востребованным материалом среди дизайнеров костюмов является бифлекс – синтетический трикотаж из полиэфирных, полиамидных и полиуретановых нитей, способный

растягиваться в двух направлениях (по утку и основе) до 300%. Бифлекс обладает высокой обратной деформацией, формоустойчивостью, гладкой глянцевой или матовой поверхностью, хорошо отводит влагу и устойчив к истиранию. Эти свойства делают его оптимальным выбором для облегających костюмов фигуристов, где важна визуализация линий тела.

Целью данной работы является разработка номенклатуры показателей качества трикотажных полотен для спортивных изделий, предназначенных для фигурного катания.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанная номенклатура показателей качества может быть использована:

- производителями трикотажных полотен при разработке новых материалов для спортивной одежды;
- швейными предприятиями при входном контроле качества и выборе поставщиков;
- в учебном процессе при подготовке специалистов в области материаловедения и конструирования спортивной одежды.

В качестве объектов исследования были выбраны три образца трикотажного полотна бифлекс (табл.1), различающиеся цветовым решением, страной производителем и незначительно составом. Данные образцы представляют собой готовые текстильные материалы, предназначенные для пошива спортивной одежды, что обуславливает предъявление к ним повышенных требований по выбранным показателям качества.

Таблица 1. Характеристики объектов исследования

Трикотажное полотно	Состав	Производитель	Цвет	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм
Образец 1	атласное трикотажное полотно (бифлекс), 98 % полиэстер, 2 % эластана	Турция	белый	229	0,49
Образец 2	трикотажное полотно (бифлекс), 100 % полиэстер,	Китай	серый	177	0,61
Образец 3	матовое трикотажное полотно (бифлекс), 90 % полиэстер, 2 % эластан	Южная Корея	черный	166	0,47

С учётом специфики эксплуатации спортивных изделий для фигурного катания к трикотажным полотнам предъявляются следующие основные требования:

- эргономические: высокая растяжимость, упругость и формоустойчивость;
- гигиенические: достаточная гигроскопичность и воздухопроницаемость;
- эксплуатационные: стойкость к истиранию, пилингуемость, устойчивость окраски;
- эстетические: ровная поверхность, насыщенность цвета, драпируемость.

Наиболее значимыми показателями качества для данной группы изделий являются показатели, обеспечивающие комфорт спортсмена и сохранение внешнего вида изделия при интенсивных нагрузках.

Качество и основные потребительские свойства бифлекса регламентируются национальными стандартами [1]. Для трикотажных полотен, используемых для изготовления спортивной одежды, основными нормативными документами в Российской Федерации являются [1-4]:

- ГОСТ 28554-2022 «Полотна трикотажные. Общие технические условия»;
- ГОСТ Р 59578-2021 «Полотна трикотажные высокоэластичные для спортивной одежды.

Технические условия»;

– ТР ТС 017/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности продукции легкой промышленности».

Для выявления наиболее значимых показателей качества был проведен опрос экспертов (табл. 2).

Экспертам было предложено проранжировать показатели с учетом степени их важности при выборе трикотажных полотен для фигурного катания.

Таблица 2. Показатели качества трикотажных полотен

Наименование показателя	Обозначение
1) Гигроскопичность	X1

2) Воздухопроницаемость	X2
3) Устойчивость окраски к мокрому трению	X3
4) Стойкость к истиранию	X4
5) Пилингуемость	X5
6) Разрывные характеристики при разрыве полотна	X6
7) Разрывные характеристики при продавливании полотна шариком	X7
8) Растяжимость при нагрузках 6 Н	X8
9) Драпируемость	X9
10) Устойчивость окраски к стирке	X10

По результатам опроса была рассчитана согласованность мнений экспертов с помощью коэффициента конкордации Кендала (ω). Полученное значение $\omega = 0,71$ свидетельствует о высокой согласованности экспертов. Значимость коэффициента конкордации оценивалась с помощью критерия Пирсона χ^2 , расчетное значение которого (63,69) превысило табличное (16,92 при 5%-м уровне значимости), что также подтверждает согласованность мнений. На основе расчета коэффициентов весомости (γ) были выявлены наиболее значимые показатели ($\gamma > 0,1$): гигроскопичность (X1), воздухопроницаемость (X2), устойчивость окраски к мокрому трению (X3) и растяжимость при нагрузках 6 Н (X8).

Далее была проведена оценка качества выбранных трикотажных полотен по наиболее значимым показателям. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с действующими стандартами. Гигроскопичность и влагоотдача определялись по ГОСТ 3816-81 [5], воздухопроницаемость – по ГОСТ 12088-77 [6] на приборах ВПТМ-2 и FF-12, устойчивость окраски к трению – по ГОСТ 9733.27-83 [7] на приборе ПТ-4, растяжимость – по ГОСТ 8847-85 [8] на приборе ПР-3.

Результаты испытаний для выбранных наиболее значимых показателей качества представлены в таблице 3.

Таблица 3– Результаты испытаний

Показатель качества, единица измерения	Норматив	Фактическое значение		
		1 образец	2 образец	3 образец
Гигроскопичность, %	не менее 6 по ТР ТС 017/2011 [4]	1,6	6,7	1,6
Влагоотдача, %	не менее 45,0 по ГОСТ Р 59578-2021 [3]	55,5	78,6	53,7
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$	не менее 100 по ГОСТ Р 59578-2021 [3]	168	820	61
Устойчивость окраски к сухому трению, балл	не менее 4 по ГОСТ Р 59578-2021 [3]	5	5	5
Устойчивость окраски к мокрому трению, балл	не менее 4 по ГОСТ Р 59578-2021 [3]	5	5	5
Растяжимость при нагрузках	II или III группа растяжимости по ГОСТ 28554-2022 [2]	II группа	II группа	II группа

Образец 2 показал наилучшие сорбционные свойства. Его гигроскопичность составляет 6,7 %, что соответствует требованиям ТР ТС 017/2011 [4]. Образцы 1 и 3, содержащие эластан, демонстрируют низкую гигроскопичность (1,6 % для обоих образцов). Это характерно для материалов с высоким

содержанием синтетических волокон, но является недопустимым с точки безопасности изделий 1-го слоя, эксплуатируемым при длительных интенсивных нагрузках.

Наиболее высокие значения воздухопроницаемости зафиксированы у образца 2 ($820 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$). Образец 3 показал минимальные значения ($61 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$), что не соответствует требованиям ГОСТ Р 59578-2021. Это критический недостаток, ограничивающий использование данного материала для соревновательных костюмов.

Все три образца получили максимальные 5 баллов по устойчивости окраски к сухому и мокрому трению.

Все исследуемые образцы отнесены ко II группе растяжимости, что подтверждает их пригодность для интенсивной эксплуатации.

Заключение

В ходе выполнения работы была разработана научно обоснованная номенклатура показателей качества трикотажных полотен для спортивных изделий, предназначенных для фигурного катания. Наиболее значимыми показателями, определяющими комфорт и долговечность изделий, являются гигроскопичность, воздухопроницаемость, устойчивость окраски к мокрому трению и растяжимость. Разработанная номенклатура может быть использована в технических заданиях для производителей тканей, в отделах контроля качества швейных предприятий, а также в учебном процессе. Исследованные образцы, за исключением образца 1, могут быть рекомендованы для применения в создании спортивной одежды.

Проведены испытания трикотажных полотен по наиболее значимым показателям. Полученные экспериментальные результаты позволили рекомендовать для пошива спортивных изделий, предназначенных для фигурного катания, образец 2 (Китай, 100% ПЭ, поверхностная плотность $177 \text{ г}/\text{м}^2$, толщина $0,61 \text{ мм}$). Данный материал показал наилучшие результаты по наиболее значимым показателям качества: гигроскопичность ($6,7\%$) соответствует требованиям ТР ТС 017/2011, воздухопроницаемость ($820 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$) значительно превышает минимально необходимый уровень, установленный ГОСТ Р 59578-2021, а устойчивость окраски к сухому и мокрому трению оценена в максимальные 5 баллов. Высокие показатели растяжимости (II группа) обеспечивают необходимую свободу движений при выполнении прыжков и вращений. Состав материала (100% ПЭ) гарантирует прочность, износостойкость и быстрое высыхание изделия. Образцы 1 и 3, несмотря на хорошие показатели растяжимости (II группа) и устойчивости окраски к сухому и мокрому трению, имеют критические недостатки (низкую гигроскопичность и низкую воздухопроницаемость, не соответствующие требованиям НТД), что ограничивает их применение для соревновательных костюмов фигуристов. Образец №2 рекомендован производителям спортивной одежды, предназначенной для фигурного катания.

Список литературы

1. Контроль качества текстильных материалов / С.М. Кирюхин, И.С. Жильцова. – СПб.: СПбГУПТД, 2018. – 112 с.
2. ГОСТ 28554-2022 Полотна трикотажные. Общие технические условия. – Введ. 01.04.2023. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 8 с.
3. ГОСТ Р 59578-2021 Полотна трикотажные высокорастяжимые для спортивной одежды. Технические условия. – Введ. 01.03.2022. – М.: Стандартинформ, 2021. – 8 с.
4. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности». – Утв. 15.12.2011. – Сайт Комиссии Таможенного союза: <http://www.eurasiancommission.org>.
5. ГОСТ 3816-81 Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. – Введ. 01.07.1982. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 14 с.
6. ГОСТ 12088-77 Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости. – Введ. 01.01.1979. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 11 с.
7. ГОСТ 9733.27-83 Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к трению. – Введ. 01.01.1986. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 6 с.

8. ГОСТ 8847-85 Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных. – Введ. 01.01.1987. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 21 с.

References

1. Kiryukhin S.M., Zhiltsova I.S. *Kontrol kachestva tekstilnykh materialov* [Quality control of textile materials]. St. Petersburg: SPbGUPTD, 2018. 112 p. (in Rus.)
2. GOST 28554-2022 *Polotna trikotazhnye. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [Knitted fabrics. General specifications]. Effective date 01.04.2023. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2022. 8 p. (in Rus.)
3. GOST R 59578-2021 *Polotna trikotazhnye vysokorastyazhimye dlya sportivnoy odezhdy. Tekhnicheskie usloviya* [Highly stretchable knitted fabrics for sportswear. Specifications]. Effective date 01.03.2022. Moscow: Standartinform, 2021. 8 p. (in Rus)
4. Technical Regulation of the Customs Union TR CU 017/2011 "On safety of light industry products". Approved 15.12.2011. Website of the Customs Union Commission: <http://www.eurasiancommission.org> (in Rus.)
5. GOST 3816-81 *Polotna tekstilnye. Metody opredeleniya gigroskopicheskikh i vodoottalkivayushchikh svoystv* [Textile fabrics. Methods for determination of hygroscopic and water-repellent properties]. Effective date 01.07.1982. Moscow: IPK Publishing House of Standards, 1997. 14 p. (in Rus.)
6. GOST 12088-77 *Materialy tekstilnye i izdeliya iz nikh. Metod opredeleniya vozdukhopronitsaemosti* [Textile materials and products. Method for determination of air permeability]. Effective date 01.01.1979. Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2003. 11 p. (in Rus.)
7. GOST 9733.27-83 *Materialy tekstilnye. Metod ispytaniya ustoychivosti okraski k treniyu* [Textile materials. Method for determination of colour fastness to rubbing]. Effective date 01.01.1986. Moscow: Publishing House of Standards, 1991. 6 p. (in Rus)
8. GOST 8847-85 *Polotna trikotazhnye. Metody opredeleniya razryvnykh kharakteristik i rastyazhimosti pri nagruzkakh, menshe razryvnykh* [Knitted fabrics. Methods for determination of breaking characteristics and extensibility under loads less than breaking]. Effective date 01.01.1987. Moscow: Publishing House of Standards, 1986. 21 p. (in Rus.)

УДК 67.017(679.7)

Е.А. Решетникова, Е.Н. ДресвянинаСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ**

© Е.А. Решетникова, Е.Н. Дресвянина 2026

Разработана методика оценки изменения температуры на поверхности пакета материалов для куртки. Проведены исследования по оценке температуры на поверхности текстильных материалов с использованием данной методики. Получены результаты, которые позволяют сформулировать пакет материалов для куртки с наилучшими теплозащитными свойствами.

Ключевые слова: утепляющий материал, теплозащитные свойства, температура, источник тепла, источник холода, пакет материалов

E.A. Reshetnikova, E.N. DresvyaninaSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ASSESSING TEMPERATURE CHANGES ON THE SURFACE OF A MATERIAL PACKAGE**

A method for assessing temperature changes on the surface of a jacket's material package has been developed. Studies have been conducted to assess the surface temperature of textile materials using this method. The results obtained allow the formulation of a jacket's material package with the best thermal insulation properties.

Keywords: insulating material, thermal insulation properties, temperature, heat source, cold source, material package

При изготовлении верхней одежды применяются ткани и утепляющие материалы различной толщины в зависимости от условий эксплуатации. Толщина пакета материала имеет особое значение, поскольку она определяет теплозащитные свойства материала.

Теплозащитные свойства нетканых материалов характеризуются следующими показателями:

– суммарным тепловым сопротивлением – параметром, учитывающим толщину материала и его способность сопротивляться передаче тепла: чем выше суммарное тепловое сопротивление, тем лучше материал сохраняет тепло [1];

– коэффициентом теплоизоляции – показателем, характеризующим теплозащитные свойства.

Существующие методы оценки теплозащитных свойств можно разделить на две группы: методы плоского слоя и экспресс-методы.

Метод плоского слоя – стационарный метод определения теплофизических характеристик, в т.ч. для текстильных материалов. Он позволяет рассчитать коэффициент теплопроводности и другие параметры на основе измерений теплового потока и температурного градиента. Метод заключается в следующем: образец материала в форме плоской пластины (диска) размещают между двумя поверхностями с постоянной, но разной температурой: с нагретой поверхностью, поддерживающей высокую температуру (T_1) и охлажденной поверхностью, поддерживающей низкую температуру (T_2). Через образец устанавливается стационарный тепловой поток, направленный перпендикулярно его поверхности. В стационарных условиях параметры теплопередачи не меняются во времени, что позволяет точно измерить тепловой поток и температурный градиент [2].

Данный подход имеет следующие недостатки:

– длительность теплового процесса, связанного с необходимостью достижения стационарного режима (обычно от 2 до 5 часов);

– в результате часто получают искаженные данные, которые возникают вовремя перераспределении влаги в образце при стационарном режиме;

– необходим идеальный контакт между образцом и нагревательным элементом.

Экспресс-методы основаны на обработке инфракрасных изображений, полученных при прохождении теплового потока через исследуемые образцы [3].

Экспресс-методы также имеют ряд недостатков:

– инфракрасная термография зависит не только от температуры, но и от излучательной, поглощающей и отражающей способности материала. Если объект слабоизлучающий или имеет специфические свойства, это может привести к ошибкам в измерениях;

– влияние окружающей среды: ослабление инфракрасного излучения при прохождении через среду (например, воздух, фильтры, оптические устройства) может исказить результаты;

– погрешность измерений: многие тепловизоры имеют погрешность $\pm 2\%$ или меньшую;

– сложность обработки данных: алгоритмы обработки инфракрасных изображений требуют специализированного программного обеспечения и могут быть чувствительны к шуму, что затрудняет сегментацию объектов;

– ограничения применимости: метод может быть ограничен в случаях, когда излучение минимально ослабляется при прохождении через объект, что усложняет обработку информации;

– высокая стоимость оборудования и расходных материалов: качественные тепловизоры и сопутствующие компоненты могут быть дорогими;

– необходимость специально оборудованной лаборатории для обработки результатов: для анализа данных требуется соответствующее техническое оснащение.

Учитывая недостатки указанных методов определения теплозащитных свойств, разработка новых методик, обеспечивающих более точные и воспроизводимые результаты в условиях, максимально приближенных к реальной эксплуатации материалов, является актуальной материаловедческой задачей.

В данной работе предложена методика по оценке теплозащитных свойств пакета материалов, предусматривающая измерение температуры на поверхности пакета материалов, помещенных на источник холода или источник тепла.

Метод позволяет оценить теплозащитные свойства пакетов материалов в бытовых условиях, имитируя воздействие тепла и холода с помощью масляной батареи и фреона. Фиксация температуры в нескольких временных точках и расчёт средних значений дают возможность оценить изменение температуры во времени и сравнить эффективность разных комбинаций тканей и утеплителей.

Для апробации методики и проведения испытаний было изготовлено 10 вариантов пакетов материалов для детской демисезонной куртки, отличающихся тканью верха и видом утепляющего материала. (табл. 1): 5 вариантов пакетов материалов с тканью «Монклер» и 5 вариантов – с тканью «Лаке». Во всех вариантах в качестве подкладочной ткани использовалась ткань «Гальяно». Количество проб для каждого варианта составило 5 штук, т.е. всего было подготовлено 50 проб [4].

Таблица 1. Пакеты материалов для проведения испытаний

Вариант пакета материалов	Размер проб, мм.	Номер пробы	Ткань верха (плащевая ткань)	Утепляющий материал	Подкладочная ткань	Количество проб, шт
1-ый	200 x 200	1.1	«Монклер», 100 % ПЭФ; Поверхностная плотность – 118 г/м ² ;	«Найс», 100 % ПЭФ Поверхностная плотность – 108 г/м ² , толщина – 4,64 мм	«Гальяно» 100 % НВис. Поверхностная плотность – 120 г/м ² , толщина – 0,16 мм	5
		1.2	Толщина – 0,091 мм.	«Премиум» 100 % ПЭФ Поверхностная плотность – 181 г/м ² , толщина – 5,03 мм		5
		1.3		«Файер» 100 % ПЭФ Поверхностная плотность – 101 г/м ² , толщина – 4,32 мм		5
		1.4		«Микро» 100 % ПЭФ Поверхностная плотность – 160 г/м ² , толщина – 9,52 мм		5
		1.5		100 % ПЭФ Поверхностная плотность – 205 г/м ² , толщина – 10,68 мм		5
		2.1	«Лаке»	«Найс»,		5

2-ой		Поверхностная плотность – 52 г/м ² ; Толщина – 0,050 мм.	Поверхностная плотность – 108 г/м ² , толщина – 4,64 мм			
	2.2		«Премиум» 100 % ПЭФ Поверхностная плотность – 181 г/м ² , толщина – 5,03 мм			5
	2.3		«Файер» 100 % ПЭФ Поверхностная плотность – 101 г/м ² , толщина – 4,32 мм			5
	2.4		«Микро» 100 % ПЭФ Поверхностная плотность – 160 г/м ² , толщина – 9,52 мм			5
	2.5		100 % ПЭФ Поверхностная плотность – 205 г/м ² , толщина – 10,68 мм			5

На рис. 1, приведена схема пакета материалов для куртки.

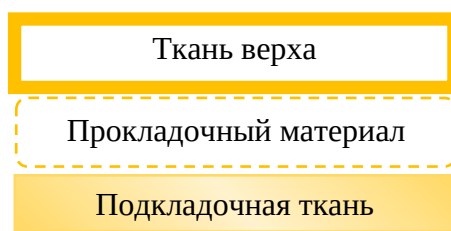


Рис. 1. Пакет материалов для куртки

В качестве прибора на измерение температуры на поверхности пакета материалов применялся термометр электронный с выносным щупом. Характеристика прибора представлена в табл.2.

Таблица 2 – Характеристика прибора для оценки изменения температуры на поверхности материала

Диапазон измерения	0°С до 110°С
Точность измерения температуры	1 °С;
Напряжение	1,5 В (две батарейки LR44 в комплекте)
Габариты	48 x 28,5 x 15,2 мм
Размер экрана	длина 40 мм, высота 22,5 мм
Монтажный вырез	47 x 28 x 14 мм
Длина провода	1 м
Диаметр щупа на конце провода	5 мм
Вес	45 граммов
Количество режимов	3
Количество секций	7
Тип управления	механический
Мощность	1900 Вт

Эксперимент по оценке изменения температуры на поверхности пакета материалов проводился в бытовых условиях, в помещении при постоянной комнатной температуре воздуха 20 °С и постоянной влажности воздуха 65%. Исследуемый пакет материала помещали на источник холода или источник тепла с последующим измерением температуры на его поверхности.

В качестве источника холода использовался съемный фреон для «сумок-холодильников», размеры фреона, мм: 180x100x30; пластиковый купол, диаметром 30 см и высотой 43 см, с отверстием для рук; в качестве источника тепла – масляный обогреватель фирмы «Pecanta OM 7НВ».

Фреон предварительно выдерживался в холодильной камере не менее 24 часов, исходная температура фреона – 0 °С. Исходная температура на табло термометра составляла 0 °С. Испытуемый образец размещался сверху на фреон на 15 минут. Через 15 минут устанавливался щуп термометра вертикально сверху на пакет материалов и через определенное время снимали показания изменение температуры. Показания снимали в пяти точках, на 1-ой; 5-ой;10-ой; 20-ой и 30-ой минуте и рассчитывали среднее значение.

Масляный обогреватель нагревался до температуры 36,3 °С. Метод проведения испытания аналогичен методу проведения изменения температуры на поверхности пакета материалов на холод [4].

На рис. 2 приведено схематическое изображение проведения испытания на изменение температуры на поверхности пакета материалов с использованием источника холода и источника тепла.

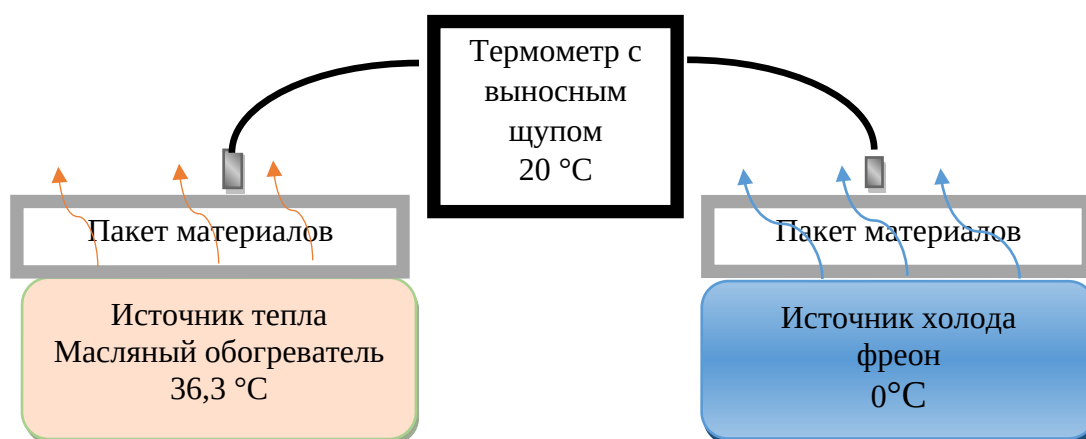


Рис.1. Схематическое изображение проведения испытания на изменение температуры на поверхности пакета материалов с использованием источника тепла и холода

Результаты измерения изменения температуры на поверхности пакета материалов представлены в табл. 3, 4.

Таблица 3. Результаты испытания изменения температуры на поверхности пакета материалов с использованием источника холода

Номер пробы	Наименование	Температура на поверхности пакета материалов, °С				
		1 мин	5 мин	10 мин	20 мин	30 мин
1.1	«Монклер»+ «Найс»+«Гальяно»	19,7	18,0	18,1	17,5	17,1
1.2	« Монклер»+ «Премиум»+ «Гальяно»	18,9	16,6	16,9	17,1	16,1
1.3	«Монклер»+ «Файер»+ «Гальяно»	19,0	18,6	18,1	17,6	17,0
1.4	«Монклер»+ «Микро»+ «Гальяно»	19,5	17,5	17,7	17,9	17,6
1.5	«Монклер»+ «Стандарт У»+ «Гальяно»	20,9	18,1	18,0	17,8	17,7
2.1	«Лаке»+ «Найс»+ « Гальяно»	19,3	18,4	18,2	17,3	16,8
2.2	«Лаке» + «Премиум»+ «Гальяно»	18,4	17,8	16,6	16,9	16,1
2.3	«Лаке» + «Файер»+ «Гальяно»	19,7	18,9	18,0	17,3	17,0
2.4	«Лаке» + «Микро»+ «Гальяно»	19,7	18,0	18,1	17,5	17,1
2.5	«Лаке» + «Стандарт У»+ «Гальяно»	18,9	16,6	16,9	17,1	16,1

Таблица 4. Результаты испытания изменения температуры на поверхности пакета материалов с использованием источника тепла

Номер пробы	Наименование	Температура на поверхности пакета материалов, °С				
		1 мин	5 мин	10 мин	20 мин	30 мин
1.1	«Монклер»+ «Найс»+«Гальяно»	30,7	41,2	41,1	41,5	41,7
1.2	« Монклер»+ «Премиум»+ «Гальяно»	25,3	25,8	41,1	43,3	43,4

1.4	«Монклер»+ «Микро»+ «Гальяно»	27,6	27,9	28,7	28,9	29,9
1.5	«Монклер»+ «Стандарт У»+ «Гальяно»	28,7	29,5	29,9	34,3	36,9
2.1	«Лаке»+ «Найс»+ «Гальяно»	30,7	41,2	41,4	41,8	42,7
2.2	«Лаке» + «Премиум»+ «Гальяно»	26,4	26,9	38,8	38,7	38,7
2.3	«Лаке» + «Файер»+ «Гальяно»	27,9	30,8	37,1	43,3	43,5
2.4	«Лаке» + «Микро»+ «Гальяно»	30,7	41,2	41,1	41,5	41,7
2.5	«Лаке» + «Стандарт У»+ «Гальяно»	25,3	25,8	41,1	43,3	43,4

Проведённые исследования показали отличия в значениях, полученных для разных пакетов материалов, что свидетельствует о целесообразности применения данной методики. Утепляющий материал «Премиум» в пакете с тканью «Лаке» обладает наибольшим изменением температуры на поверхности пакета материалов, в то же время, изменение температуры на поверхности пакета материалов в сочетании его с тканью «Монклер» сопоставима с изменением температуры на поверхности пакета материалов остальных пакетов материалов. Пакеты, содержащие утепляющие материалы «Найс» и «Стандарт У», обладают наименьшим изменением температуры на поверхности пакета материалов, и, соответственно, наилучшими теплозащитными свойствами.

По результатам изменения температуры на поверхности пакета материалов установлено, что хорошо проводит «тепло» пробы «Монклер» и «Лаке» в сочетании с «Стандарт У» и «Гальяно». И хуже проводят «холод» пробы «Монклер» и «Лаке» в сочетании с «Стандарт У» и «Гальяно».

Результаты проведенных комплексных исследований показали, что хорошо проводит «тепло» образцы «Монклер + Стандарт У + Гальяно» и «Лаке + Стандарт У + Гальяно», и хуже проводят «холод» образцы «Монклер + Стандарт У + Гальяно» и «Лаке + Стандарт У + Гальяно».

Список литературы

1. ГОСТ 20489-75. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления. М.: ИПК Издательство стандартов, 1986, 9 с.
2. Патент RU 2527314 C2 Способ определения теплозащитных свойств материалов и пакетов одежды. Заявители: Маргарита Анатольевна Чижик, Елена Юрьевна Долгова, Тамара Михайловна Иванцова.; опубл. 08.27.2014. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2527314C2/> (дата обращения: 10.04.2026)
3. Грибова Е. В. Разработка экспресс-метода определения теплозащитных свойств нетканых материалов: диссертация / Е. В. Грибова. – Москва: Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина, 2022. – 119с. URL: [https://www . dissercat.com/content/razrabotkaekspressmetodaopredeleniya-teplozashchitnykh-svoystv-netkanykh-materialov/](https://www.dissercat.com/content/razrabotkaekspressmetodaopredeleniya-teplozashchitnykh-svoystv-netkanykh-materialov/) (дата обращения: 13.04.2026)
4. Решетникова Е.А. Исследование свойств утепляющих материалов с целью выработки рекомендаций по формированию оптимального пакета детской демисезонной одежды: магистерская диссертация / Е.А. Решетникова. – Санкт-Петербург: СПбГУПТД, 2021. – 112с.

References

1. GOST 20489-75. Materials for clothing. Method for determining total summary thermal resistance. 1986, 9 pp. (in Rus.).
2. Patent RU 2527314 C2: *Method for Determining the Thermal Protective Properties of Materials and Garment Packages*. Applicants: Margarita Anatolyevna Chizhik, Elena Yuryevna Dolgova, Tamara Mikhailovna Ivants ova; published on 27.08.2014. URL: (accessed: 10.04.2026).
3. Gribova E.V. *Development of a Rapid Method for Determining the Thermal Protective Properties of Non Woven Materials*: Thesis / E.V. Gribova. – Moscow: A.N. Kosygin Russian State University, 2022. – 119 pp. URL: (accessed: 13.04.2026).
4. Reshetnikova E.A. *Research on the Properties of Insulating Materials Aimed at Developing Recommendations for Forming an Optimal Material Package for Children’s Demi Season Clothing*: Master’s Thesis / E.A. Reshetnikova. – Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design (SPbSUPTD), 2021. – 112 p. (in Rus.).

УДК 677.024.11:677.017.632

А.Г. Скворцова, Ю.Д. Смирнова, Е.Н. Дресвянина, Н.П. ЛебедеваСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНОГО ВЕЛЮРА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗКАХ**

© А.Г. Скворцова, Ю.Д. Смирнова, Е.Н. Дресвянина, Н.П. Лебедева 2025

В работе представлены результаты экспериментального исследования трех образцов портьерного трикотажного велюра на полиэфирной основе. Определены разрывные характеристики (разрывная нагрузка, удлинение при разрыве) и одноцикловые релаксационные свойства при нагрузке 5% от разрывной. Установлено, что наивысшей формоустойчивостью и минимальной остаточной деформацией (менее 1% через 2 часа отдыха) обладает образец 2 с поверхностной плотностью 290 г/м². Показано, что ключевым критерием долговечности портьер является не разрывная прочность, а остаточная деформация при допороговых нагрузках. Предложен комплексный метод оценки качества портьерного трикотажа, включающий испытания на разрыв и одноцикловое нагружение на релаксометре.

Ключевые слова: портьерный трикотаж, велюр, растяжимость, остаточная деформация, формоустойчивость, релаксационные свойства, разрывная нагрузка, трикотажный велюр.

A.G. Skvortsova, Yu.D. Smirnova, E.N. Dresvyanina, N.P. LebedevaSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**THE STUDY OF THE DEFORMATION PROPERTIES OF KNITTED VELOUR UNDER OPERATIONAL LOADS**

The paper presents the results of an experimental study of three samples of curtain knitted velour based on polyester. The tensile characteristics (breaking load, elongation at break) and single-cycle relaxation properties at a load of 5% of the breaking load are determined. It has been established that sample 2 (gray) with a surface density of 290 g/m² exhibits the highest shape stability and minimal residual deformation (less than 1% after 2 hours of rest). It is shown that the key criterion for the durability of curtains is not the tensile strength, but the residual deformation under pre-threshold loads. A comprehensive method for assessing the quality of curtain knitwear is proposed, including tensile tests and single-cycle loading on a relaxometer.

Keywords: curtain knitwear, velour, extensibility, residual deformation, shape stability, relaxation properties, breaking load, knitted velour.

Введение

Современный рынок интерьерного текстиля демонстрирует устойчивую тенденцию роста доли трикотажных полотен. Это обусловлено их уникальными потребительскими свойствами: высокой драпируемостью, позволяющей создавать мягкие пластичные складки, широкими возможностями для формирования сложных фактур и рельефов, а также эффективной свето- и теплоизоляцией [1]. Однако в процессе эксплуатации портьеры подвергаются систематическим механическим воздействиям: навешивание на карниз, многократное открывание и закрывание, воздействие воздушных потоков от вентиляции или сквозняков. Эти нагрузки, как правило, не приводят к мгновенному разрыву, но критически влияют на долговечность и внешний вид изделия.

Основной причиной преждевременного ухудшения эстетических качеств портьер (провисание, потеря формы) является возникновение остаточной (необратимой) деформации. Стандартные испытания на разрыв по ГОСТ 3813-72 [2] определяют предельную прочность материала, но не дают полного представления о его поведении в реальных условиях, где ключевыми становятся характеристики при нагрузках, не достигающих разрывных.

В связи с изложенным **целью работы** являлось экспериментальное исследование влияния структурных особенностей трикотажного велюра на его деформационные свойства при нагрузках, моделирующих эксплуатационные воздействия.

Задачи исследования:

1. Определить разрывные характеристики (разрывную нагрузку и удлинение при разрыве) для трех образцов портьерного велюра

2. Экспериментально оценить релаксационные свойства в одноцикловом режиме «нагрузка – разгрузка – отдых» при нагрузке 5% от разрывной.
3. Рассчитать доли упругой, эластической и остаточной деформации для каждого образца.
4. Сравнить образцы по формоустойчивости и дать рекомендации по их применению.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования выбраны три образца трикотажного велюра на полиэфирной основе, предоставленные мастерской «Ekaterina Textile». Все образцы относятся к группе ворсовых основовязанных полотен, выработанных на машинах типа «Рашель». Основные характеристики образцов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика объектов исследования

Образец	Цвет	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм
1	Бежевый	330	0,84
2	Серый	290	0,75
3	Коричневый	310	0,75

Методики испытаний

Толщину определяли с помощью толщиномера по методике [3] (условия испытания: давление 1 кПа, площадь 1 см²). Поверхностную плотность определяли по ГОСТ 8845-87 [4] (вырезали пробы площадью 100 см², взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,001 г).

Разрывные характеристики определяли на разрывной машине РТ-250 по ГОСТ 8847-85 [5]. Параметры испытания: форма образца – прямоугольная полоска размером 50×200 мм, расстояние между зажимами 100 мм, скорость движения нижнего зажима 100 мм/мин. Для каждого направления (петельные столбики и петельные ряды) испытано по три образца. Фиксировали разрывную нагрузку (в кгс и даН) и абсолютное удлинение при разрыве (в мм), которое затем пересчитывали в относительное удлинение (в %).

Для оценки поведения при нагрузках, меньших разрывных, применяли методику одноциклового нагружения на релаксметре типа «стойки» [6]. Нагрузку задавали на уровне 5% от средней разрывной нагрузки, рассчитанной по результатам предыдущих испытаний. Величина нагрузки составила для образца 1 – 2,5–2,7 кг, для образца 2 – 2,7–2,8 кг, для образца 3 – 2,1–2,2 кг в зависимости от направления испытания.

Процедура испытания: образец закрепляли в верхнем зажиме релаксметра, затем подвешивали груз расчетной массы. В течение 2 часов под нагрузкой через заданные интервалы времени (0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 15; 20; 30; 45; 60; 90; 120 минут) фиксировали удлинение образца с точностью до 0,5 мм. После снятия нагрузки в течение следующих 2 часов измеряли процесс обратного сокращения (восстановления) образца через те же интервалы времени. Дополнительный замер проводили через сутки для оценки полноты восстановления.

Полную деформацию рассчитывали, как сумму упругой (быстрообратимой), эластической (медленнообратимой) и остаточной (пластической) составляющих по методике, описанной в [6]. Упругая деформация определялась как разность между максимальным удлинением под нагрузкой и удлинением сразу после снятия нагрузки. Остаточная деформация определялась как разность между длиной образца через сутки после разгрузки и начальной длиной. Эластическая деформация рассчитывалась как разность между полной деформацией и суммой упругой и остаточной.

Результаты испытаний

Разрывные характеристики

Результаты испытаний на разрыв представлены в табл. 2. Образец 2 демонстрирует наибольшую разрывную нагрузку как по петельным столбикам (54,5 кгс), так и по петельным рядам (56,3 кгс). Образец 3 является наименее прочным (43,9 и 44,5 кгс соответственно). Разброс значений между образцами достигает 10–12 кгс, что свидетельствует о существенных различиях в структуре и качестве используемого сырья.

Относительное удлинение при разрыве у всех образцов превышает 100%, что характеризует их как высокодеформативные материалы. Наибольшую деформативность по столбикам показывает образец 2 (108,6%), наименьшую – образец 1 (106%). По рядам картина иная: образец 3 имеет наибольшее удлинение (105,3%), а образец 2 – наименьшее (94,6%). Это указывает на анизотропию свойств трикотажного полотна, что типично для основовязанных структур.

Таблица 2. Разрывные характеристики образцов (средние значения)

Образец	Разрывная нагрузка, кгс (даН)		Относительное удлинение при разрыве, %	
	по столбикам	по рядам	по столбикам	по рядам
1	51,8 (50,8)	54,5 (53,5)	106	104
2	54,5 (53,4)	56,3 (55,2)	108,6	94,6
3	43,9 (42,8)	44,5 (43,4)	105,3	105,3

3	43,9 (43,1)	44,5 (43,7)	108	105,3
---	-------------	-------------	-----	-------

Релаксационные свойства

На рис. 1 представлена кинетика деформации и восстановления для образца 2 (как лучшего по комплексу свойств). Установлено, что основное приращение деформации происходит в первые 10–15 минут после приложения нагрузки, затем процесс замедляется и к 120 минутам достигает плато. Аналогичная картина наблюдается при восстановлении: основное сокращение происходит в первые 10–15 минут после снятия нагрузки.

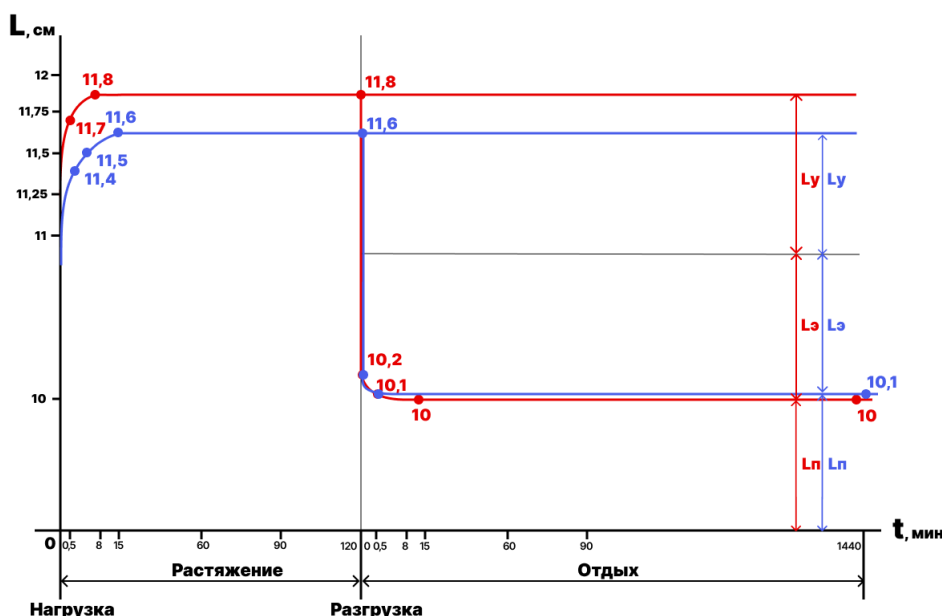


Рис. 1. Кинетика деформации при нагружении и восстановлении образца 2 (красная – деформация по петельным столбикам, синяя – деформация по петельным рядам)

На рис. 2 представлено соотношение долей упругой, эластической и остаточной деформации для всех образцов через 120 минут отдыха. Доля упругой деформации у образца 2 достигает 82% от полной (для направления петельных рядов), что значительно выше, чем у образца 1 (66%) и образца 3 (68,5%). Пластическая (остаточная) деформация у образца 2 не превышает 1%, в то время как у образца 3 достигает 3%. Эластическая деформация, связанная с перестройкой макромолекул, также наименьшая у образца 2 (около 17% против 30–35% у других образцов).

Соотношение упругой, эластичной и остаточной деформации

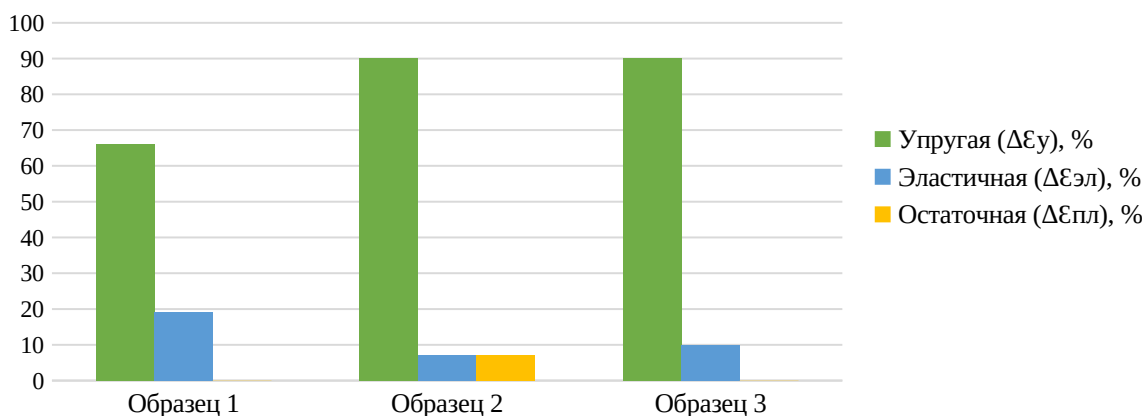


Рис.2. Доли упругой (У), эластической (Э) и остаточной (П) деформации для образцов 1, 2, 3

Обсуждение результатов

Выявленные различия в деформационном поведении образцов могут быть объяснены их структурными особенностями. Образец 2 (серый) имеет наименьшую поверхностную плотность (290 г/м²) при той же толщине, что и образец 3 (0,75 мм). Это свидетельствует о более «рыхлой» структуре гранулового порошкового материала, которая

однако, обеспечивает лучшую формоустойчивость. Предположительно, в образце 2 использована более качественная термостабилизация в процессе отделки (заключительная сушка и каландрирование), что позволило снять внутренние напряжения и повысить долю упругой деформации.

Образец 1 имеет наибольшую поверхностную плотность (330 г/м²) и толщину (0,84 мм). Он является самым массивным и, вероятно, обладает лучшими светозащитными и теплоизоляционными свойствами. Однако его показатели остаточной деформации (около 1,5–2%) уступают образцу 2.

Образец 3, обладая промежуточной поверхностной плотностью (310 г/м²), показывает наихудшие результаты по всем деформационным показателям: наибольшая остаточная деформация (до 3%), наименьшая доля упругой составляющей. Это может быть связано с использованием менее качественного сырья (возможно, регенерированного полиэфира) или нарушением режимов термофиксации при производстве.

Важно отметить, что образец 2, несмотря на наименьшую прочность по рядам (94,6% удлинения при разрыве), демонстрирует наилучшую способность к восстановлению после снятия нагрузки. Это подтверждает гипотезу о том, что для портьерных изделий ключевым критерием является не максимальная прочность, а минимальная остаточная деформация при эксплуатационных нагрузках (не превышающих 5–10% от разрывных).

Заключение

В результате проведённого экспериментального исследования трикотажных полотен портьерного ассортимента (трикотажный велюр на полиэфирной основе) были получены следующие основные результаты и выводы.

1. **Экспериментально подтверждено**, что стандартная оценка разрывной нагрузки не является достаточным критерием для прогнозирования эксплуатационной надёжности портьерного трикотажа. Все три образца показали высокие значения разрывной нагрузки (от 44 до 56 кгс) и относительного удлинения при разрыве (более 100%), однако их поведение при допороговых нагрузках существенно различается.

2. **Ключевое значение имеет остаточная деформация** при нагрузках, не превышающих 5% от разрывной. Именно этот параметр определяет способность портьеры сохранять первоначальные размеры и форму в процессе длительной эксплуатации, не провисая и не деформируясь.

3. **Наилучшей формоустойчивостью** среди трёх исследованных образцов обладает образец 2 (серый). Его характеристики: максимальная доля упругой деформации (82%), минимальная остаточная деформация (менее 1% через 2 часа отдыха), высокая разрывная прочность (54,5–56,3 кгс). Данный материал рекомендуется применять для портьер, подвергающихся интенсивным механическим нагрузкам (высокие и широкие окна, часто открываемые шторы).

4. **Образец 1** (бежевый) обладает наибольшей поверхностной плотностью (330 г/м²) и толщиной (0,84 мм), что обеспечивает хорошие светозащитные и теплоизоляционные свойства. Его можно рекомендовать для стандартных жилых и офисных интерьеров, где приоритетом является плотная драпировка, а не экстремальная формоустойчивость.

5. **Образец 3** (коричневый) показал наихудшие деформационные характеристики (остаточная деформация до 3%) и может применяться только в декоративных целях или в условиях с минимальными механическими воздействиями.

6. **Предложенный комплексный метод испытаний** (определение разрывных характеристик по ГОСТ 8847-85 [5] + одноцикловое нагружение на релаксметре типа «стойки» [6]) может быть рекомендован для лабораторной оценки качества портьерного трикотажа. Внедрение такого подхода позволит производителям и дизайнерам более обоснованно выбирать материалы для конкретных условий эксплуатации.

Благодарности

Авторы выражают благодарность мастерской «Ekaterina Textile» за предоставленные образцы портьерного трикотажа, а также кафедре материаловедения и товарной экспертизы СПбГУПТД за предоставленное оборудование и консультационную поддержку.

Список литературы

1. Савенков В.Н. Трикотаж и трикотажные изделия: учебное пособие. – СПб.: ИЦ «Интермедия», 2020. – 298 с.
2. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77). Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. – М.: Издательство стандартов, 1972. – 20 с.
3. ГОСТ 3811-72. Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 25 с.
4. ГОСТ 8845-87. Полотна и изделия трикотажные. Методы определения влажности, массы и поверхностной плотности. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 10 с.

5. ГОСТ 8847-85. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 19 с.
6. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д., Петропавловский Д.Г. Практикум по материаловедению швейного производства: учебное пособие. – М.: Академия, 2016. – 416 с.
7. Стельмашенко В.И., Розанова Т.А. Деформационные свойства основовязаного трикотажа из синтетических нитей // Швейная промышленность. – 2017. – № 2. – С. 38-40.
8. Коблякова Е.Б. Основы конструирования одежды из трикотажа: учебник. – М.: Форум, 2019. – 272 с.
9. Особенности оценки качества трикотажных полотен для интерьерного текстиля / Н.П. Смирнова, Е.В. Козлова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 5 (377). – С. 102-107.

References

1. Savenkov V.N. *Trikotazh i trikotazhnye izdeliya: uchebnoe posobie*. – Spb.: IC «Intermediya», 2020. – 298 p. (in Rus.)
2. GOST 3813-72 (ISO 5081-77). *Materialy tekstil'nye. Tkani i shtuchnye izdeliya. Metody opredeleniya razryvnykh kharakteristik pri rastyazhenii*. – М.: Izdatel'stvo standartov, 1972. – 20 p. (in Rus.)
3. GOST 3811-72. *Materialy tekstil'nye. Tkani, netkanye polotna i shtuchnye izdeliya. Metody opredeleniya lineynykh razmerov, lineynoy i poverkhnostnoy plotnostey*. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 25 p. (in Rus.)
4. GOST 8845-87. *Polotna i izdeliya trikotazhnye. Metody opredeleniya vlazhnosti, massy i poverkhnostnoy plotnosti*. – М.: Izdatel'stvo standartov, 1987. – 10 p. (in Rus.)
5. GOST 8847-85. *Polotna trikotazhnye. Metody opredeleniya razryvnykh kharakteristik i rastyazhimosti pri nagruzkakh, men'she razryvnykh*. – М.: Izdatel'stvo standartov, 1985. – 19 p. (in Rus.)
6. Buzov B.A., Alymenkova N.D., Petropavlovskiy D.G. *Praktikum po materialovedeniyu shvey'nogo proizvodstva: uchebnoe posobie*. – М.: Akademiya, 2016. – 416 p. (in Rus.)
7. Stel'mashenko V.I., Rozanova T.A. *Deformatsionnye svoystva osnovovyanogo trikotazha iz sinteticheskikh nitey // Shvey'naya promyshlennost'*. – 2017. – № 2. – P. 38-40. (in Rus.)
8. Koblyakova E.B. *Osnovy konstruirovaniya odezhdy iz trikotazha: uchebnik*. – М.: Forum, 2019. – 272 p. (in Rus.)
9. Smirnova N.P., Kozlova E.V. *Osobennosti otsenki kachestva trikotazhnykh poloten dlya inter'ernogo tekstilya // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. – 2018. – № 5 (377). – P. 102-107. (in Rus.)

УДК: 687.157:677.01:[677.21:678]

Д. А. Яблокова, Н. П. Лебедева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК НА СВОЙСТВА ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ

© Д. А. Яблокова, Н. П. Лебедева, 2026

В работе исследовано влияние пяти стирок на изменение эксплуатационных свойств трех образцов тканей различного волокнистого состава (полиэфир/хлопок, 100% хлопок), предназначенных для изготовления специальной одежды, защищающей от общих производственных загрязнений. На основе анализа нормативно-технической документации и экспертной оценки выявлены ключевые показатели качества тканей для спецодежды, защищающей от общих производственных загрязнений: воздухопроницаемость, разрывная нагрузка, устойчивость к истиранию и устойчивость окраски к стирке. Проведены экспериментальные исследования их изменения после 1, 2, 3 и 5 циклов стирки. Выявлено влияние волокнистого состава и структурных характеристик исследованных тканей на изменение их свойств после воздействия такого эксплуатационного фактора, как стирка. Полученные в ходе исследования экспериментальные данные могут быть использованы для разработки зависимостей и прогнозирования изменения свойств тканей для спецодежды на весь период их эксплуатации.

Ключевые слова: спецодежда, ткани, общие производственные загрязнения, оценка качества, эксплуатационные свойства, прогнозирование свойств, многократная стирка.

D.A. Yablokova, N.P. Lebedeva

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

INVESTIGATION OF THE IMPACT OF REPEATED LAUNDERING ON THE PERFORMANCE OF PROTECTIVE CLOTHING FABRICS

The study investigates the effect of five wash cycles on the performance properties of three fabric samples with different fiber compositions (polyester/cotton, 100% cotton) intended for the manufacture of workwear designed to protect against general industrial contaminants.

Based on an analysis of regulatory and technical documentation and expert evaluation, key quality indicators for fabrics used in workwear protecting against general industrial contaminants have been identified: air permeability, breaking strength, abrasion resistance, and color fastness to washing.

Experimental research was conducted to assess changes in these properties after 1, 2, 3, and 5 wash cycles. The influence of the fiber composition and structural characteristics of the investigated fabrics on their property changes after exposure to this operational factor (washing) was revealed.

The experimental data obtained during the study can be used to develop dependencies and predict changes in the properties of workwear fabrics throughout their entire service life.

Keywords: workwear, fabrics, general industrial contaminants, quality assessment, performance properties, property prediction, multiple washing.

Спецодежда для защиты от общих производственных загрязнений неизменно востребована на рынке труда и в различных отраслях промышленности. Это связано с необходимостью обеспечения безопасности и комфорта работников в условиях производственных рисков. Для повышения эффективности защитных функций специальной одежды ведутся постоянные исследования и поиски оптимальных конструктивных решений, разрабатываются новые материалы. От качества материалов и их эксплуатационных характеристик зависит способность спецодежды обеспечивать необходимый уровень ее надежности и защиты работников. Повышение эксплуатационной надежности специальной одежды, соответствующей требованиям нормативно-технических документов и реальным условиям эксплуатации, является чрезвычайно важным для обеспечения безопасности жизнедеятельности, здоровья и работоспособности работников, поэтому спецодежда от общих производственных загрязнений должна изготавливаться из износостойких тканей. Помимо производственных факторов в процессе эксплуатации спецодежда подвергается многократным чисткам и стиркам, выдерживая

механические нагрузки, а также воздействие тепла и влаги, которые в свою очередь влияют на эксплуатационные свойства материалов спецодежды. При этом для спецодежды также остается важным сохранение презентабельного внешнего вида в течение всего срока эксплуатации, так как сегодня спецодежда становится частью корпоративного стиля. Профессионально подобранная спецодежда подчеркивает индивидуальность и имидж компании, ее успешность и надежность для партнеров.

Важное значение для обеспечения качества спецодежды имеет грамотный подбор материалов, из которых она будет изготавливаться. Согласно ГОСТ Р 57877–2017 «Ткани для специальной одежды. Общие технические условия» спецодежда может изготавливаться из таких тканей, как хлопчатобумажные, из смеси хлопковых и синтетических волокон (8–80%), из смеси вискозных и синтетических волокон (50–80%), с содержанием полиэфирных или полиамидных нитей в основе и хлопчатобумажных или смешанных – в утку, из арамидных волокон и из смеси арамидных и химических волокон. Специальная защитная одежда обязана отвечать требованиям безопасности, в том числе гигиенической, поэтому чаще всего предпочтение отдают смесовым тканям [1, 2].

В качестве объектов исследования были выбраны три ткани отечественного производства, применяемые для изготовления спецодежды, защищающей от общих производственных загрязнений. Основные характеристики объектов исследования представлены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика объектов исследования

Показатели	Образцы		
	1	2	3
Вид переплетения	саржевое	саржевое	диагональ
Фактическая поверхностная плотность ткани, г/м ²	180	240	226
Плотность ткани по основе, число нитей на 100 мм	397	497	147
Плотность ткани по утку, число нитей на 100 мм	147	247	327
Линейная плотность нитей по основе, текс	26,4	29,8	56,3
Линейная плотность нитей по утку, текс	56,9	41,4	51,3
Волокнистый состав	80% п/э 20% хл	60% п/э 40% хл	100% хл
Толщина ткани, мм	0,44	0,36	0,55
Общая пористость ткани, %	71,4	53,4	69,1

При изучении ГОСТ Р 57877–2017 «Ткани для специальной рабочей одежды. Общие технические условия», ГОСТ 12.4.280–2014 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Общие технические условия», ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» и ГОСТ 12.4.016–83 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества» установлено, что оценка качества тканей для спецодежды проводится по таким показателям, как устойчивость окраски к стирке, устойчивость окраски к свету, устойчивость окраски к поту, устойчивость окраски к сухому трению, разрывная нагрузка, раздирающая нагрузка, устойчивость к истиранию, изменение линейных размеров после мокрой обработки, воздухопроницаемость.

Проведенная экспертная оценка показала, что наиболее важными показателями для тканей, применяемых для изготовления спецодежды, защищающей от общих производственных загрязнений, являются: воздухопроницаемость, разрывная нагрузка, устойчивость к истиранию и устойчивость окраски к стирке [3].

В процессе эксплуатации кроме воздействия производственных факторов спецодежда подвергается стиркам, которые также влияют на изменение потребительских свойств тканей из которых она изготовлена. В ходе замачивания и стирки может вымываться краситель из тканей, и они могут терять интенсивность окраски, что негативно может повлиять на их внешний вид. Кроме того, под воздействием тепла и капельно-жидкой влаги могут проявляться процессы, вызывающие усадку тканей. Исследование изменения линейных размеров после мокрой обработки исследованных образцов проводилось по стандартной методике в соответствии с ГОСТ ISO 5077–2022 «Материалы и изделия текстильные. Метод определения изменения размеров после стирки и сушки» и ГОСТ ISO 3759–2013 «Материалы текстильные. Подготовка, маркировка и измерение образцов текстильных материалов и одежды при испытаниях для определения изменения размеров». Результаты исследования изменения линейных размеров образцов тканей после стирки представлены в табл.2.

Таблица 2. Изменения линейных размеров образцов после стирки, %

Изменение линейных размеров после стирки	Образец		
	1	2	3
По основе	-1,8	-1,8	-3,1
По утку	-0,7	-0,3	-1,8

Усадка после стирки всех исследованных образцов не превышает значения, регламентированные нормативно-техническими документами. При этом наибольшие значения изменения линейных размеров после стирки зафиксированы у образца 3, как по основе так и по утку, что обусловлено его природным волокнистым составом.

Учитывая, что в процессе эксплуатации спецодежда многократно подвергается стиркам, нами было проведено исследование изменения важнейших потребительских свойств тканей для спецодежды, защищающей от общих производственных загрязнений, после пяти стирок. Все испытания проводились по стандартным методикам.

Результаты исследования по влиянию многократных стирок на воздухопроницаемость тканей для спецодежды приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты испытаний воздухопроницаемости образцов, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$

Образец	Исходные данные	Номер стирки			
		1	2	3	5
1	638,9	630,6	586,7	596,7	625,0
2	46,9	45,8	40,0	45,0	46,4
3	441,7	406,7	397,8	394,4	390,6

Полученные результаты свидетельствуют о снижении воздухопроницаемости всех исследованных образцов после первых стирок, что может быть объяснено уплотнением структуры и снижением пористости исследованных образцов в результате проявления усадочных процессов в тканях при их стирке. Начиная с третьей стирки у образцов 1 и 2, имеющих смесовый волокнистый состав воздухопроницаемость начинает снова возрастать, очевидно, их линейные размеры к этому моменту уже стабилизировались. А у образца 3 воздухопроницаемость продолжает снижаться, что, вероятно, обусловлено дальнейшим уплотнением структуры в результате релаксационных процессов и набухания при стирке, а также возможного ворсования поверхности хлопчатобумажной ткани, также способствующего частичному закрытию пор.

Результаты изменения деформационно-прочностных свойств исследованных образцов после пяти стирок представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4. Результаты испытаний разрывной нагрузки, Н

Направление приложения нагрузки	Образец	Исходные данные	Номер стирки			
			1	2	3	5
По основе	1	1214	1247	1336	1329	1304
	2	1347	1425	1389	1384	1381
	3	1018	907	819	797	780
По утку	1	618	328	322	318	313
	2	789	716	690	678	656
	3	495	390	378	373	382

У образца 1 прочность по основе после первой и второй стирки зафиксирована больше, чем у нестиранного образца, что может быть обусловлено уплотнением ткани при ее усадке после стирки. Дальнейшие стирки способствуют снижению прочностных характеристик образца 1. Подобное поведение отмечено и у образца 2, также имеющего смесовый волокнистый состав. Однако образец 2 содержит меньше полиэфирных волокон и падение его прочности по основе начинается уже после второй стирки. Разрывная нагрузка хлопчатобумажного образца 3 после всех стирок снижается, причем как в направлении основы, так и в направлении нитей утка. Следует отметить, что в направлении нитей утка все исследованные образцы показали снижение прочности после стирок.

Для всех исследованных образцов деформационные свойства по утку превышают удлинение при разрыве в направлении нитей основы, что характерно для тканых структур и объясняется более напряженным состоянием нитей основы в процессе создания тканей и, как следствие, их меньшей способностью к последующему удлинению при растяжении. Нити утка в тканях прокладываются в менее

напряженном состоянии, поэтому при растяжении имеют возможность распрямляться и проявлять большую деформативность, по сравнению с нитями основы. В результате исследования влияния стирок на деформационные свойства тканей для спецодежды установлено, что удлинение при разрыве всех исследованных образцов тканей после стирок становится больше, чем у исходных образцов, не подвергавшихся стирке. Возросшие после стирок значения деформаций, очевидно связаны с тем, что при протекании релаксационных процессов при замачивании и стирке ткани приобрели менее напряженную структуру и в последствии при испытаниях на растяжение смогли в большей степени проявить свои способности к деформации, нежели до стирок.

Таблица 5. Результаты испытаний удлинения при разрыве, мм

Направление приложения нагрузки	Образец	Исходные данные	Номер стирки			
			1	2	3	5
По основе	1	37,0	38,3	38,3	39,5	39,7
	2	38,6	40,0	44,5	44,5	43,5
	3	23,0	43,8	48,5	50,5	51,0
По утку	1	72,4	79,7	79,0	80,7	86,0
	2	39,6	44,3	45,0	45,5	46,8
	3	44,3	45,3	52,0	53,0	65,7

Результаты испытаний по влиянию стирок на устойчивость тканей к истиранию приведены в таблице 6. Из полученных данных видно, что изменения линейных размеров исследованных образцов, проявившиеся в виде усадки после в первых стирок способствовали вероятно не только уплотнению структуры образцов, но и повышению их толщины, что в свою очередь отразилось в виде повышения устойчивости всех исследованных образцов к истиранию. Но уже со второй-третьей стирки наблюдается плавное снижение значений износостойкости.

Таблица 6. Результаты испытаний устойчивости тканей к истиранию, цикл

Образец	Исходные данные	Номер стирки			
		1	2	3	5
1	1562	3204	3368	2868	2815
2	3135	4713	4621	4137	3922
3	622	2024	1850	1780	1750

Учитывая важность сохранения внешнего вида спецодежды в течение всего срока использования, было проведено исследование устойчивости окраски тканей для спецодежды к многократным стиркам. Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7. Результаты испытаний устойчивости окраски к стирке, балл

Образец	Исходные данные	Номер стирки			
		1	2	3	5
1	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
2	4/5	4/5	4/5	4/5	3/5
3	4/5	4/5	3/5	3/5	3/5

При высоком содержании полиэфирных волокон, как, например, для первого образца (80%) устойчивость окраски остаётся высокой, потому что полиэфир окрашивается дисперсными красителями, которые прочно фиксируются внутри волокна и не вымываются. С увеличением содержания хлопковых волокон, которые окрашиваются прямыми или активными красителями, устойчивость окраски тканей к стирке снижается. Хлопковые волокна имеют пористую структуру, поэтому красители легко проникают внутрь волокна, но плохо там закрепляются. А полиэфирные волокна плотные, краситель проникает в них сложнее, но если проник, то удерживается более надёжно.

Полученные в ходе проведенных исследований результаты позволяют выявить изменения, происходящие в тканях для спецодежды при многократных стирках. При этом данные результаты имеют практическую значимость для прогнозирования сохранения важнейших потребительских свойств тканей для спецодежды в течение всего срока эксплуатации таких изделий.

Прогнозирование изменения эксплуатационных свойств тканей под воздействием эксплуатационных факторов является ключевым этапом при проектировании спецодежды, так как

позволяет правильно выбирать материалы с необходимым сроком службы и уровнем защитных свойств. Это будет способствовать выпуску качественной продукции, отвечающей всем современным требованиям безопасности и надежности спецодежды.

Таким образом, представленные в работе данные являются не просто справочными величинами, а основой для построения достоверных прогнозных моделей. Внедрение таких моделей в практику проектирования спецодежды позволит существенно повысить её эксплуатационную надёжность, снизить затраты на преждевременную замену и, что самое главное, сохранить защитные функции на протяжении всего заявленного срока носки.

Список литературы

1. Куренкова Г.В., Жукова Е.В., Лемешевская Е.П. Средства индивидуальной защиты работающих, подвергающихся воздействию вредных факторов в условиях производства: учебно-методическое пособие. – Иркутск: ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра гигиены труда и гигиены питания, 2016. – 52 с.
2. Анализ ассортимента специальной одежды и основных материалов, применяемых при ее изготовлении / С.Ш. Ташпулатов // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2023. - №3 (108).
3. Бабкина Н.А. Метод экспертных оценок: Учебно–методическое пособие. Благовещенск, Амурский государственный университет – 2005.

References

1. Kurenkova G.V., Zhukova E.V., Lemeshevskaya E.P. Sredstva individual'noi zashchity rabotayushchikh, podvergayushchikhsya vozdeistviyu vrednykh faktorov v usloviyakh proizvodstva: uchebno-metodicheskoe posobie. – Irkutsk: FGBOU VO IGMU Minzdrava Rossii, Kafedra gigieny truda i gigieny pitaniya, 2016. – 52 s.
2. Analiz assortimenta spetsial'noi odezhdy i osnovnykh materialov, primenyaemykh pri ee izgotovlenii / S.SH. Tashpulatov // Universum: tekhnicheskie nauki: elektron. nauchn. zhurn. – 2023. - №3 (108).
3. Babkina N.A. Metod ekspertnykh otsenok: Uchebno–metodicheskoe posobie. Blagoveshchensk, Amurskii gosudarstvennyi universitet – 2005.

УДК 67.017(679.7)

А. В. Тулинова, Ж. Ю. Койтова, И. А. Хромеева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ВЛИЯНИЕ ПРОПИТКИ НА ФОРМОУСТОЙЧИВОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЦВЕТОЧНЫХ АКСЕССУАРОВ

© А. В. Тулинова, Ж. Ю. Койтова, И. А. Хромеева, 2026

Представлены результаты экспериментальных исследований конструкторско-технологических свойств материалов для аксессуаров. Изучение проводилось по ключевым показателям: поверхностная плотность, толщина, жесткость, несминаемость до и после применения отделки.

Ключевые слова: ткань, свойства текстильных материалов, текстильный материал

A. V. Tulinova, Zh. Ju. Koytova, I. A. Hromeeva

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

THE INFLUENCE OF IMPREGNATION ON THE SHAPE STABILITY OF MATERIALS FOR FLORAL ACCESSORIES

The results of experimental studies of design and technological properties of materials are presented. The study was conducted based on key indicators: surface density, thickness, stiffness, and crease resistance.

Keywords: fabric, properties of textile materials, textile material.

Цель работы – изучение конструкторско-технологических свойств текстильных полотен под влиянием пропитки для научно обоснованного подбора материалов в коллекцию украшений. Цветы из ткани – это декоративные элементы, которые используются для украшения одежды и аксессуаров (рис. 1).

Обработка цветов заключается в использовании инструмента для термоформования лепестков и раствора ПВС (поливинилового спирта). Для этого метода подойдут такие ткани, как: шелк, органза, сатин, вискоза. Перед термообработкой, материалы предварительно обрабатывают в растворе ПВС, сушат в вертикальном положении. Далее с помощью термоинструмента придают форму лепесткам, «продавливая» их. Ткани лучше поддаются формообразованию, если предварительно увлажнить их раствором. Это позволяет добиться более устойчивого результата и дольше сохранять заданную форму изделия.

В исследовании использовалась пропитка ПВС 16/1 разведённая в воде в соотношении 1 к 25. Масса раствора составила 12 г, объём воды – 300 г.



Рис.1. Пример цветочного аксессуара

Для выбора текстильных материалов был проанализирован ассортимент тканей, а также изучены требования к проектируемым аксессуарам: эстетические показатели, характеризующие художественно-колористическое оформление и соответствие направлению моды; конструкторско-технологические, определяющие толщину, жесткость и несминаемость материалов. На основе этих требований выбраны материалы – органза двух видов, шифон и шелк. В табл. 1 представлены характеристики материалов для испытаний.

Таблица 1. Характеристика выбранных материалов

№ образца	Название материала	Состав, %	Поверхностная плотность, г/м ²	Плотность		Переплетение
				по основе в 100 мм	по утку в 100 мм	
№1	Органза креп белая	Нить полиэфирная 100 %	16	540	440	Плотняное
№2	Органза «облачко» белая	Нить полиэфирная 100%	16	380	420	Плотняное
№3	Шифон красный	Нить вискозная 100%	40	320	300	Плотняное
№4	Wet silk	Натуральный шелк 100%	95	700	520	Атласное

Поверхностная плотность определялась согласно ГОСТ 3811-72 «Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей» [1]. По результатам испытаний составлена диаграмма сравнения поверхностной плотности образцов до пропитки и после (рис. 2).

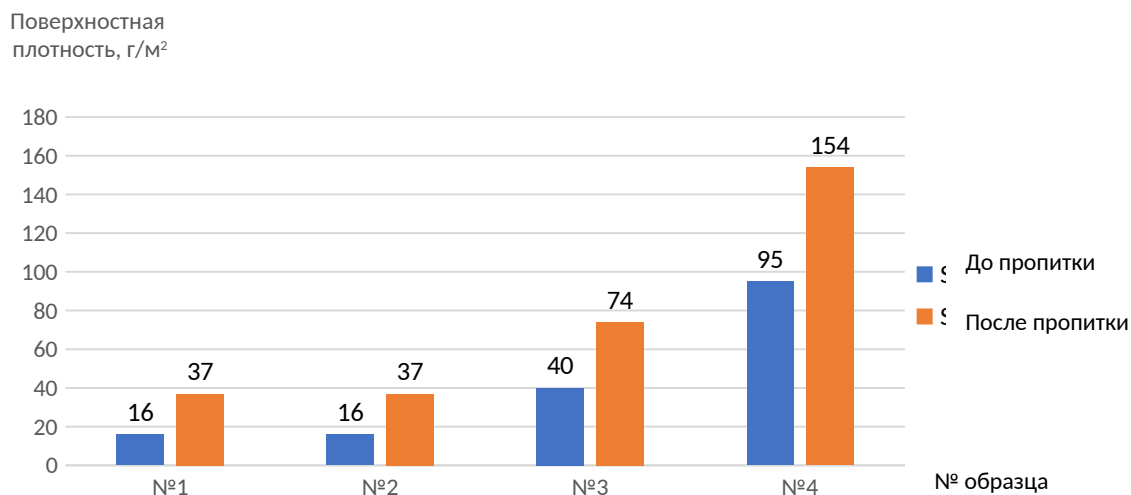


Рис. 2. Сравнение поверхностной плотности образцов до пропитки и после

На основе проведенного анализа поверхностной плотности можно сделать вывод, что процент привеса для образцов №1 и №2 составляет 131,25%. Для образца №3 – 85%, №4 – 62,1%.

Определение толщины производилось на толщиномере в соответствии с ГОСТ 12023-2003 (ИСО 5084:1996) «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины» [2]. По результатам измерения составлена диаграмма сравнения толщины образцов до пропитки и после (рис. 3).

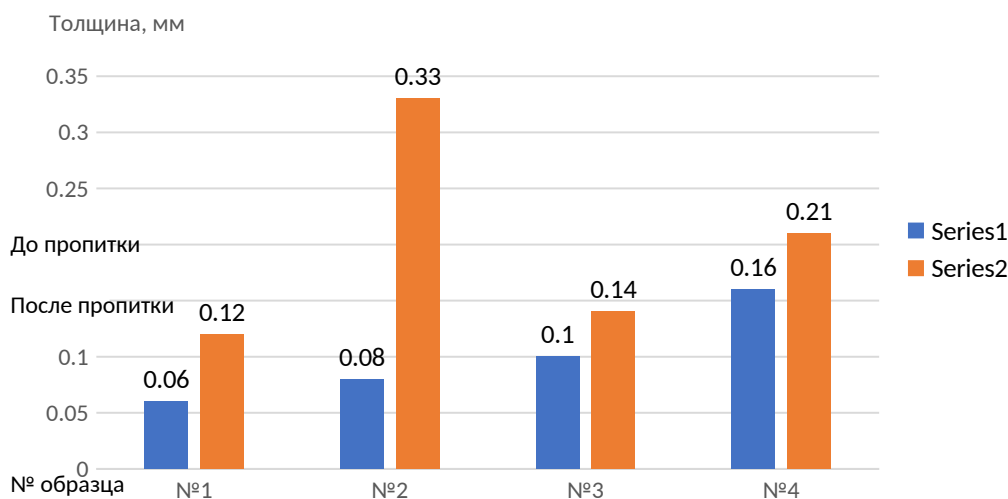


Рис. 3. Сравнение толщины образцов до пропитки и после

На основе полученных результатов значений толщины у образцов с пропиткой и без можно сделать вывод, что раствор ПВС повлиял на структуру образцов, увеличив толщину, но незначительно (кроме образца №2, толщина которого увеличилась в 4 раза).

Раствор для формообразования формирует пленку на ткани, которая значительно повышает поверхностную плотность, толщину материала. Об этом свидетельствует также изменение структурных характеристик ткани после обработок – увеличивается плотность материала, заполнение по массе и снижается общая пористость (табл. 2).

Следует отметить, что равномерность нанесения раствора при существующем способе увлажнения материала достичь достаточно сложно, поэтому необходимо совершенствовать процесс отделки ткани для создания аксессуаров.

Таблица 2. Изменение структурных характеристик тканей после пропитки

№ образца	Средняя плотность ткани, $\rho_{\text{тк}}$	Заполнение по массе, E_m , %	Общая пористость, % $100-E_m$

	до пропитки	после пропитки	до пропитки	после пропитки	до пропитки	после пропитки
№1	0,27	0,31	19,32	22,34	80,68	77,66
№2	0,02	0,11	1,45	8,12	98,55	91,88
№3	0,40	0,53	26,67	35,24	73,33	64,76
№4	0,59	0,73	44,64	55,14	55,36	44,86

Жесткость материалов была определена на приборе ПТ-2 согласно ГОСТ 10550-93 «Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жёсткости при изгибе» [3]. По результатам составлена диаграмма сравнения жесткости по утку и основе образцов до пропитки и после (рис. 4 и 5).

Жесткость, мкН*см²

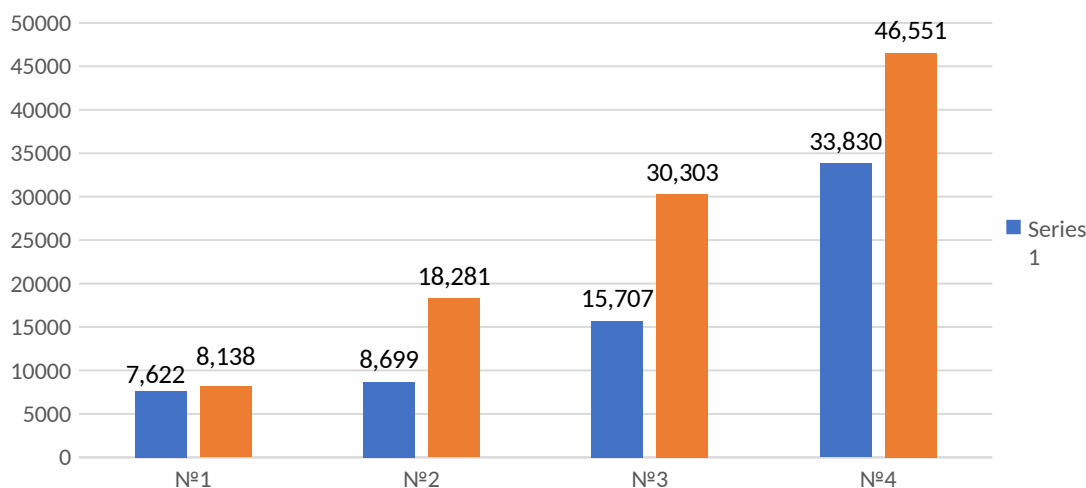


Рис. 4. Сравнение жесткости по утку образцов до пропитки и после

Жесткость, мкН*см²

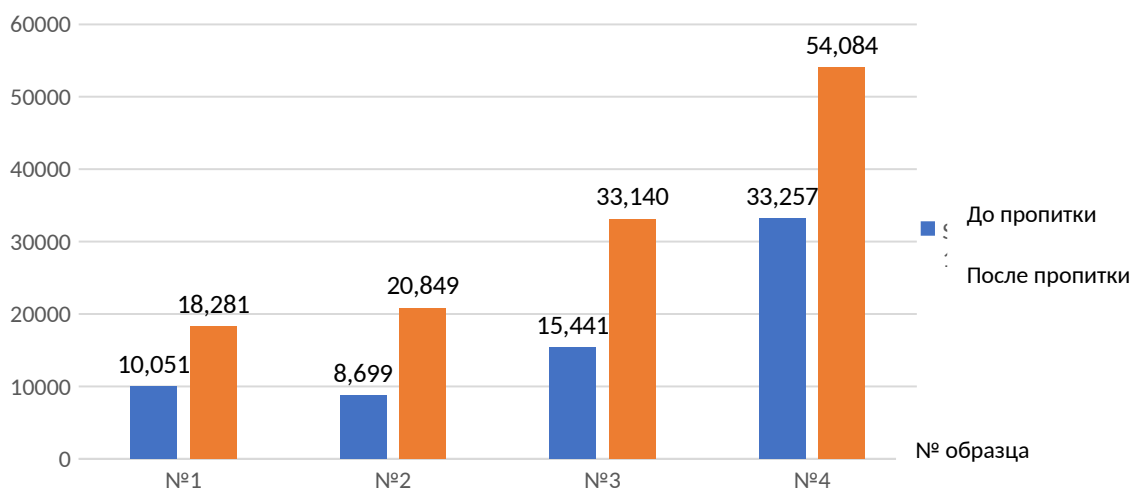


Рис. 5. Сравнение жесткости по основе образцов до пропитки и после

Как видно из результатов испытаний, жесткость значительно увеличилась в обоих направлениях у всех образцов. Большая жесткость дает возможность получить требуемую форму деталей аксессуара.

Определение несминаемости при неориентированном смятии осуществлялось на приборе НСПП. Вырезались образцы 135 мм x 50 мм под углом 45° и сшивались в цилиндр. Испытание включало два цикла воздействия давления при хаотическом смятии продолжительностью 1 минута каждый. Показатель несминаемости оценивали путём измерения высоты образца до и после воздействия нагрузкой для тканей с пропиткой и без. Коэффициент несминаемости рассчитывается по формуле 1:

$$K_H = (h_k/h_0) \cdot 100, \quad (1)$$

где h_k - конечная высота пробы после ее смятия и отдыха, мм;
 h_0 - начальная высота пробы.

По результатам составлена диаграмма сравнения коэффициента несминаемости образцов до пропитки и после (рис. 6).

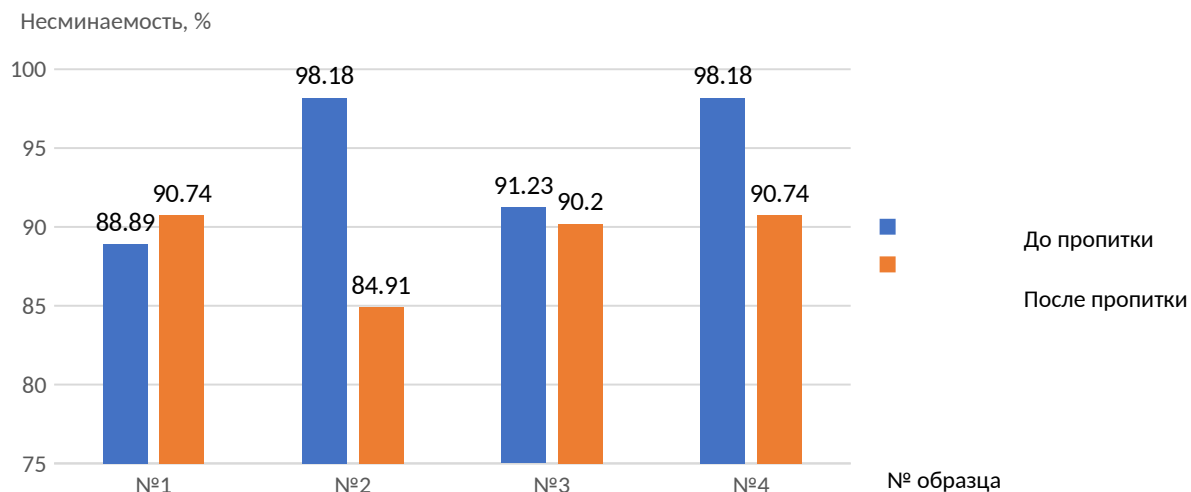


Рис.6. Сравнение коэффициента несминаемости образцов до пропитки и после

По результатам испытаний на неориентированное смятие можно сделать вывод, что большой привес пропитки придает жесткость, но не увеличивает несминаемость, упругие свойства материалов при изгибе.

Исследовано влияние влажности на формоустойчивость образцов, обработанных термоинструментом. Образцы с пропиткой подвергались воздействию насадки (30 секунд с перерывом), замерялась исходная высота и наблюдались в течение трёх недель при температуре: 21° С и влажности 86%. По результатам исследования составлен график изменения высоты образцов (рис. 7).

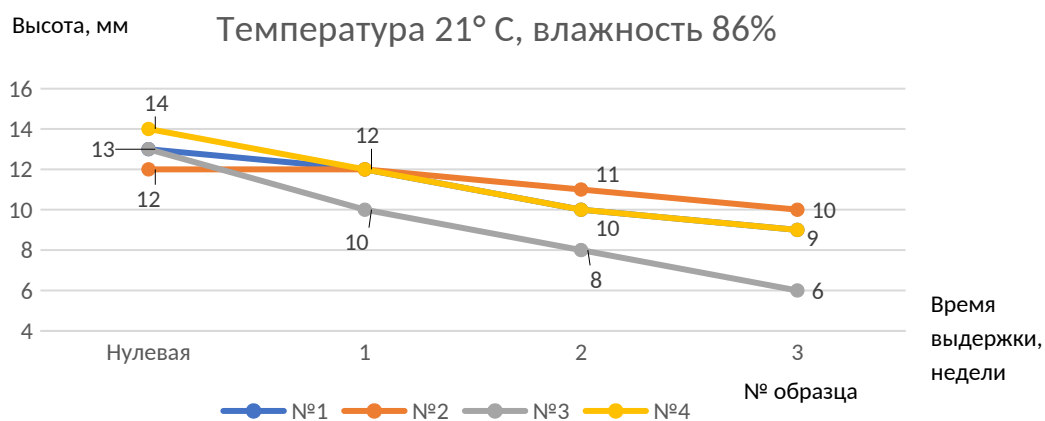


Рис. 7. График изменения высоты образцов при температуре 21° С и влажности 86%

Заключение

Нанесение пропитки на ткань существенно повышает поверхностную плотность, толщину, жёсткость образцов, обеспечивая создание четкой требуемой формы. Однако данный раствор не повышает несминаемость и недостаточно сохраняет форму образцов. При длительном хранении во влажной среде наблюдается деформация и снижение формоустойчивости образцов. Наибольшая потеря формы в условиях повышенной влажности воздуха зафиксировано у материала с высокой гигроскопичностью (образец № 3). В связи с этим при эксплуатации требуется исключать смятие аксессуаров и обеспечивать хранение в условиях малой влажности воздуха. Результаты испытаний свидетельствует об отсутствии химической связи препарата пропитки с материалами, отделка создает пленку на материале, значительно повышающую массу, толщину и жесткость образцов, не увеличивая упругие свойства материалов. Примечательно, что большое значение содержания пропитки не

обеспечивает сохранение формы во влажном состоянии — даже для материалов с низкой гигроскопичностью. Полученные результаты требуют поиска других видов растворов для формообразования и формоустойчивой отделки материалов при создании аксессуаров.

Список литературы

1. ГОСТ 3811-72 Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294824/4294824392.pdf> (дата обращения: 23.03.2026)
2. ГОСТ 12023-2003 (ИСО 5084:1996) Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения толщины. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293853/4293853307.pdf> (дата обращения: 23.03.2026)
3. ГОСТ 10550-93 Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жёсткости при изгибе. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/9825/> (дата обращения: 23.03.2026)

References

1. GOST 3811-72 Materialy tekstil'nye. Tkani, netkanye polotna i shtuchnye izdelija. Metody opredelenija linejnyh razmerov, linejnoj i poverhnostnoj plotnostej. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294824/4294824392.pdf> (date accessed: 23.03.2026)
2. GOST 12023-2003 (ISO 5084:1996) Materialy tekstil'nye i izdelija iz nih. Metod opredelenija tolshhiny. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293853/4293853307.pdf> (date accessed: 23.03.2026)
3. GOST 10550-93 Materialy tekstil'nye. Polotna. Metody opredelenija zhjostkosti pri izgibe. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/9825/> (date accessed: 23.03.2026)

УДК 004.89(378.1)

Д.А. Андреев¹, С.М. Вертешев¹, В.И. Пименов²

¹Псковский государственный университет
180000, Псков, пл. Ленина, 2

²Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АУДИТ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ ПОСРЕДСТВОМ АППАРАТА ОНТОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

© Д.А. Андреев, С.М. Вертешев, В.И. Пименов, 2026

В статье предложен подход к автоматизированному аудиту образовательной программы подготовки ИТ-специалистов с использованием аппарата онтологического моделирования. Предложена модель образовательной программы, объединяющая множества дисциплин, компетенций, результатов обучения, оценочных средств и временных характеристик обучения в единый граф знаний. Рассмотрены особенности проектирования онтологического представления образовательной программы на основе стандартов OWL/RDF, с применением средств SHACL-валидации и SPARQL-аналитики для регулярной проверки структурной и семантической согласованности учебного плана. Показано, что предложенный подход позволяет выявлять скрытые содержательные зависимости, структурные разрывы и неполноту доказательной базы формирования компетенций. Апробация на учебно-методических материалах Псковского государственного университета подтверждает перспективность использования предложенного подхода как основы для интеллектуальной поддержки проектирования и актуализации образовательных программ.

Ключевые слова: онтология, образовательная программа, дисциплины, компетенции, результаты обучения, оценочные средства, пререквизиты, учебный план, граф знаний.

D.A. Andreev¹, S.M. Verteshev¹, V.I. Pimenov²

¹Pskov State University
180000, Pskov, sq. Lenin, 2

²Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

AUTOMATED AUDIT OF AN EDUCATIONAL PROGRAM FOR TRAINING IT SPECIALISTS THROUGH ONTOLOGICAL MODELING

The article proposes an approach to automated audit of the educational program for training IT specialists using the apparatus of ontological modeling. A model of an educational program is proposed that combines multiple disciplines, competencies, learning outcomes, assessment tools, and time characteristics of learning into a single graph of knowledge. The features of designing an ontological representation of an educational program based on OWL/RDF standards, using SHACL validation and SPARQL analytics tools to regularly check the structural and semantic consistency of the curriculum are considered. It is shown that the proposed approach makes it possible to identify hidden content dependencies, structural gaps and incompleteness of the evidence base for the formation of competencies. Testing on the teaching materials of Pskov State University confirms the prospects of using the proposed approach as a basis for intellectual support of the design and updating of educational programs.

Keywords: ontology, educational program, disciplines, competencies, learning outcomes, assessment tools, prerequisites, curriculum, knowledge graph.

Введение. Цифровая трансформация высшего образования требует перехода от статического хранения документов к моделям, в которых содержание образовательной программы представлено в машиночитаемой и проверяемой форме. Для образовательных программ подготовки ИТ-специалистов эта задача особенно актуальна, поскольку их содержание быстро устаревает под воздействием изменений в технологиях разработки, инструментах обработки данных, архитектурных подходах и требованиях профессиональной среды. Вместе с тем большая часть образовательных программ до сих пор описывается в виде набора таблиц, рабочих программ дисциплин и текстовых пояснений, между которыми отсутствует единая формальная семантика. В такой среде значительная часть методической

проверки остается ручной: эксперту необходимо сопоставлять матрицы компетенций, результаты обучения, формы контроля, последовательность дисциплин и их содержательные зависимости. Подобный контроль трудоемок, слабо воспроизводим и чувствителен к качеству локальных формулировок. В результате логические разрывы в образовательной программе, избыточные дисциплины, «недоказанные» компетенции и ошибочные пререквизиты нередко обнаруживаются уже на поздних этапах — при запуске учебного процесса, внутреннем мониторинге качества или подготовке к аккредитационным процедурам.

Онтологический подход позволяет устранить эту проблему за счет явного описания сущностей предметной области и отношений между ними [1]. В отличие от табличной или реляционной моделей, онтология задает не только структуру хранения данных, но и вычислимую семантику образовательной программы [2]. Это делает возможным логический вывод, формальную валидацию и семантический поиск по учебному плану. В области высшего образования такой подход уже применялся при моделировании образовательных программ, описании результатов обучения и анализе согласованности пререквизитов [3]. Однако для российских образовательных программ ИТ-направлений задача автоматизированного аудита по-прежнему проработана на недостаточном уровне. Как правило, описываются либо общие архитектурные схемы, либо конкретные средства визуализации учебных траекторий, тогда как задача регулярной формальной проверки целостности образовательной программы и доказуемости формирования компетенций нуждается в более строгом методическом аппарате [4].

Целью настоящей работы является разработка и апробация подхода к автоматизированному аудиту образовательной программы подготовки ИТ-специалистов посредством онтологического моделирования [5]. Для достижения этой цели решаются следующие задачи: формализуется состав ключевых сущностей учебного плана; задается модель отношений между дисциплинами, компетенциями, результатами обучения, оценочными средствами и временными характеристиками обучения; строится онтологическая схема в стандартах OWL/RDF [6,7]; формулируются правила SHACL-валидации [8] и аналитические запросы SPARQL [9]; проводится апробация подхода на учебно-методических материалах образовательной программы Псковского государственного университета по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии». Работа сознательно фокусируется на структурной и семантической целостности образовательной программы. Вопросы автоматизированного проектирования индивидуальных траекторий, интеграции с внешними образовательными платформами и сопоставления с международными рамками квалификаций выпускников рассматриваются как перспективы дальнейшего исследования, а не обсуждаются в данной статье.

Модель образовательной программы. Для формального описания образовательной программы введем следующую модель короткого вида:

$$M = \langle D, C, L, A, P, T, E \rangle$$

(1)

где: D – множество дисциплин, C – множество компетенций, L – множество результатов обучения, A – множество оценочных средств, P – множество отношений пререквизитов, T – множество семестров обучения, E – множество свидетельств формирования компетенций. Для направления подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии» множество компетенций естественным образом разбивается на три подмножества:

$$C = C_{УК} \cup C_{ОПК} \cup C_{ПК}$$

(2)

Такое разбиение отражает структуру нормативной модели подготовки и позволяет анализировать покрытие как на уровне всей образовательной программы, так и по группам компетенций. Каждая дисциплина $d_i \in D$ рассматривается как объект с атрибутами названия, принадлежности к блоку учебного плана, трудоемкости и семестра реализации. В простейшем табличном представлении связь между дисциплинами и компетенциями описывается бинарным отношением $R \subseteq D \times C$, где одна дисциплина может участвовать в формировании нескольких компетенций, а одна компетенция — формироваться в нескольких дисциплинах. Однако такой бинарной связи недостаточно для содержательной проверки, поскольку сама по себе она не отвечает на вопрос, за счет каких результатов обучения и какими средствами контроля подтверждается формирование компетенции.

Поэтому в модели вводится множество свидетельств формирования:

$$E \subseteq D \times C \times L \times A,$$

(3)

Каждый элемент подобного множества представляет четверку «дисциплина — компетенция — результат обучения — оценочное средство». Формирование компетенции считается доказуемым, если существует хотя бы одна такая четверка, согласованная с остальными отношениями модели. Для любой записи $(d, c, l, a) \in E$ должно выполняться условие:

$$(d,c) \in R_{DC} \wedge (c,l) \in R_{CL} \wedge (a,l) \in R_{AL}, \quad (4)$$

Тем самым исключаются ситуации, когда дисциплина формально соотнесена с компетенцией, но не имеет ни явного результата обучения, ни подтверждающего оценочного средства. Для анализа логики последовательности изучения дисциплин вводится также отношение пререквизитов:

$$P \subseteq D \times D, \quad (5)$$

Семантическая согласованность пререквизитов означает, что для каждой пары $(d_p, d_k) \in P$ выполняется не только содержательная зависимость, но и временное условие:

$$t(d_p) < t(d_k), \quad (6)$$

Если данное условие нарушается или в графе пререквизитов появляются циклы, то образовательная программа содержит структурный дефект.

На базе (1)–(6) можно определить метрики качества учебного плана:

1. Полнота покрытия компетенций задается отношением:

$$Cov = \left| \left\{ c \in C \mid \exists d \in D : (d,c) \in R_{DC} \right\} \right| \vee \dot{c} \vee C \vee \dot{c},$$

2. Доказуемость компетенций — отношением:

$$Evid = \left| \left\{ c \in C \vee \exists d \in D, l \in L, a \in A : (d,c,l,a) \in E \right\} \right| \vee \dot{c} \vee C \vee \dot{c}.$$

Дополнительно можно использовать метрику валидности пререквизитов:

$$Preq = \left| \left\{ (dp, dk) \in P \vee t(dp) < t(dk) \right\} \right| \vee \dot{c} \vee P \vee \dot{c}.$$

Предложенные показатели не исчерпывают всего спектра характеристик качества образовательной программы, но дают формальную основу для регулярного автоматизированного аудита. Их ключевое преимущество состоит в том, что они вычисляются не вручную по разрозненным таблицам, а на основе единой семантической модели, где каждая сущность и каждая связь имеют явное и проверяемое значение.

Особенности проектирования онтологического представления образовательной программы. Практическая реализация предложенной модели образовательной программы выполнена в форме онтологии образовательной программы. В качестве базовых классов используются *Program*, *Module*, *Course*, *Competency*, *LearningOutcome* и *Assessment*. Такое представление позволяет описывать как структуру образовательной программы в целом, так и ее содержательный уровень. Связи между сущностями задаются объектными свойствами: образовательная программа включает модули, модули включают дисциплины, дисциплины связаны с компетенциями, компетенции раскрываются через результаты обучения, оценочные средства проверяют достижение результатов обучения. В отличие от упрощенных схем, где дисциплина напрямую «формирует» компетенцию, предложенная модель использует узел *FormationEvidence*, представляющий конкретный экземпляр свидетельства формирования. Это решение повышает точность описания и делает возможной строгую проверку каждого акта формирования компетенции.

Для наполнения онтологии используются материалы образовательной программы, учебного плана и рабочих программ дисциплин. На этапе подготовки данных выполняются нормализация кодов компетенций, унификация формулировок результатов обучения и согласование перечня оценочных средств. После этого сведения преобразуются в RDF/OWL-представление и публикуются как связный граф знаний. В модель также включаются сведения о семестрах и трудоемкости дисциплин, что позволяет проверять не только факт наличия связей, но и их временную и структурную корректность. Таким образом, онтология выполняет одновременно три функции: задает семантическую схему образовательной программы, хранит фактические данные и служит основой для автоматической проверки.

С инженерной точки зрения процесс наполнения модели может быть описан как ETL-контур, включающий извлечение данных из нормативно-методических документов, их нормализацию и загрузку в граф знаний [10]. На этапе извлечения фиксируются коды и формулировки компетенций, состав дисциплин, сведения о семестрах, трудоемкости, формах промежуточной аттестации и заявленных результатах обучения. На этапе преобразования устраняются различия в написании терминов, согласуются сокращения, приводятся к единому виду обозначения дисциплин и компетенций. На этапе загрузки формируются экземпляры классов и отношения между ними, после чего граф может быть сразу передан на валидацию. Такая организация обработки данных принципиально важна, поскольку позволяет воспроизводимо обновлять модель при изменении учебного плана, а также отделяет методическую работу по уточнению формулировок от технической процедуры публикации данных в семантическом формате.

Валидация модели реализуется на языке SHACL. Этот механизм позволяет формулировать ограничения в терминах графа и автоматически выявлять нарушения структуры образовательной программы. Для класса *Competency* задаются ограничения, требующие наличия как минимум одного

связанного результата обучения и как минимум одного оценочного средства. Для класса *Course* вводится требование наличия связи с компетентностной моделью и хотя бы одного свидетельства формирования. Для отношения пререквизитов используются правила, исключаящие циклы и проверяющие корректность семестровой последовательности. В отличие от ручной методической проверки, SHACL-валидация дает воспроизводимый результат: один и тот же набор данных при одних и тех же правилах всегда приводит к одинаковым выводам о наличии или отсутствии нарушений. Это особенно важно для больших образовательных программ, где количество сущностей и связей уже не позволяет надежно оперировать ими без автоматизированных средств.

Дополнительный аналитический контур задается запросами SPARQL. На этом уровне формулируются так называемые *competency questions*, то есть содержательные вопросы к модели образовательной программы: существуют ли дисциплины, не формирующие ни одной компетенции; есть ли компетенции без достаточных свидетельств формирования; не нарушена ли логика пререквизитов; где возникают содержательные кластеры дисциплин, которые не отражены в исходной матрице компетенций. Благодаря сочетанию SHACL и SPARQL онтология становится не просто способом хранения структурированных данных, а рабочим инструментом анализа и управления качеством образовательной программы. При этом сама методика остается расширяемой: в дальнейшем в нее могут быть включены новые классы, например учебные материалы, лабораторные работы, практики и проектные активности, что позволит перейти от аудита учебного плана к аудиту полного контура реализации образовательной программы.

Результаты и обсуждение. Апробация подхода проведена на учебно-методических материалах образовательной программы Псковского государственного университета по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии» набора 2024 года. Экспорт исходных табличных форм и их перевод в OWL-представление позволили сформировать граф знаний, включающий 62 дисциплины, 29 компетенций и свыше 350 семантических связей. Уже на уровне первичной валидации модель показала практическую применимость для поиска проблем, которые в обычном табличном представлении выявляются значительно позже или требуют длительной ручной сверки. Автоматический аудит позволил локализовать участки, где заявленные компетенции не обеспечены достаточным набором результатов обучения и оценочных средств, а также выявить дисциплины с методически слабой интеграцией в общую компетентностную схему образовательной программы.

Отдельный интерес представляют результаты анализа скрытых содержательных зависимостей. Так, в исходном учебном плане дисциплина «Веб-программирование» была связана с профессиональными компетенциями через общий перечень формируемых результатов, однако ее зависимость от курса «Базы данных» явно не фиксировалась. В онтологическом представлении эта связь обнаруживается через пересечение компетентностных и результативных описаний: реализация веб-приложений предполагает использование структур хранения, моделей данных и запросов к базе данных, то есть опирается на ранее сформированные знания и умения. Благодаря этому модель делает видимыми те зависимости, которые в табличном документе существуют фактически, но не представлены явно. Для методической работы это означает возможность уточнения рабочих программ дисциплин, корректировки формулировок результатов обучения и явного задания требуемых входных оснований для изучения конкретных учебных курсов.

Не менее важным результатом является выявление структурных разрывов в длительной траектории подготовки. Анализ модели показал, что дисциплина «Интеллектуальные системы и технологии», реализуемая на старших курсах, требует знания математических основ, которые закладываются существенно раньше, прежде всего в блоке дисциплин, связанных с высшей математикой. Семестровое распределение таких элементов создает временной лаг, достаточный для частичной утраты остаточных знаний. В табличной модели этот риск неочевиден: дисциплины формально присутствуют в образовательной программе, а матрица компетенций не показывает, насколько устойчиво сохраняется смысловая связность между ранними и поздними этапами подготовки. В онтологическом представлении данная проблема становится предметом формального анализа, а результаты запроса могут использоваться как основание для методической корректировки: введения поддерживающего модуля, перераспределения содержания или усиления междисциплинарных связей в смежных учебных курсах.

С точки зрения управления качеством образовательной программы важным эффектом является повышение прозрачности доказательной базы формирования компетенций. Если в традиционном учебном плане дисциплина может быть соотнесена с компетенцией без явного указания результата обучения и способа его проверки, то модель на основе *FormationEvidence* требует такой конкретизации. Это делает структуру образовательной программы лучше интерпретируемой как для разработчиков учебного плана, так и для внутренних и внешних экспертов. При этом автоматизация не подменяет содержательную экспертизу профильной кафедры, а переводит значительную часть рутинной проверки в формальный контур. В результате эксперт сосредоточивается не на механической сверке документов, а

на интерпретации обнаруженных несоответствий и принятии обоснованных решений по актуализации образовательной программы.

Полученные результаты согласуются с современными исследованиями в области онтологического представления образовательных программ и анализа их целостности [2,3,4,10]. Вместе с тем предложенный подход ориентирован на специфику ИТ-подготовки, где особенно велика роль пререквизитов, сквозных компетентностных цепочек и содержательных зависимостей между учебными курсами. Практическая значимость работы состоит в том, что разработанное онтологическое представление может использоваться как основа для построения цифровых сервисов сопровождения образовательной программы: аналитических панелей, средств мониторинга изменений учебного плана, систем предварительной проверки рабочих программ дисциплин и контуров подготовки к аккредитации. Тем самым онтологическое представление выступает не только как исследовательский инструмент, но и как технологическая основа для внедрения управляемой цифровой методической среды.

Важным результатом апробации является также подтверждение того, что предложенные метрики могут использоваться не как формальные числовые индикаторы сами по себе, а как средство интерпретации состояния образовательной программы. Значение *Cov* показывает, насколько полно компетентностная модель действительно обеспечена дисциплинарным наполнением. Снижение данного показателя указывает на наличие компетенций, декларируемых нормативно, но слабо представленных в реальном содержании плана. Показатель *Evid* фиксирует степень доказуемости формирования компетенций и особенно чувствителен к качеству формулировок результатов обучения и оценочных средств. Наконец, *Preq* позволяет оценивать согласованность временной логики образовательной программы, то есть соответствие между содержательной зависимостью дисциплин и их семестровым расположением. В совокупности эти показатели формируют удобный аналитический слой поверх онтологии: они помогают не только обнаружить проблему, но и понять ее тип — дефицит покрытия, дефицит доказательств или нарушение логики последовательности подготовки. Для практики управления образовательной программой такая дифференциация имеет принципиальное значение, поскольку определяет, идет ли речь о корректировке учебного плана, рабочей программы дисциплины или системы оценочных средств.

Заключение. В работе предложен подход к автоматизированному аудиту образовательной программы подготовки ИТ-специалистов посредством онтологического моделирования, объединяющего дисциплины, компетенции, результаты обучения, оценочные средства и временные характеристики обучения в единый граф знаний. Научная новизна исследования заключается в сочетании теоретико-множественной формализации структуры образовательной программы с онтологическим представлением доказуемого формирования компетенций через узел *FormationEvidence*, а также в использовании SHACL-валидации и SPARQL-аналитики для регулярной проверки структурной и семантической согласованности учебного плана. Практическая апробация на учебно-методических материалах Псковского государственного университета показала, что предложенный подход позволяет выявлять скрытые содержательные зависимости, структурные разрывы и неполноту доказательной базы формирования компетенций. Ограничением исследования является зависимость результатов от качества исходной учебно-методической документации, однако именно это делает онтологическое представление полезным в прикладном плане: оно позволяет локализовать проблемные зоны и выработать обоснованные рекомендации по их устранению. Перспективы дальнейшей работы связаны с расширением набора валидационных правил, версионированием онтологии по годам набора и использованием графа знаний как основы для интеллектуальной поддержки проектирования и актуализации образовательных программ.

Список литературы

1. Долятовский В.А., Гамалей Я.В. Онтологический подход к процессам и системам обучения и образования // Образовательные технологии. 2018. № 3. С. 76–106.
2. Ontology Development for Creating Identical Software Environments to Improve Learning Outcomes in Higher Education Institutions / P. Stolic, D. Milosevic, Z. Stevic, I. Radovanovic // Electronics. 2023. Vol. 14. Art. 3057. P. 1–20. DOI: 10.3390/jrfm18080412. DOI: 10.3390/electronics12143057.
3. Analysis of the consistency of prerequisites and learning outcomes of educational programme courses by using the ontological approach / A. Nazyrova, M. Milosz, G. Bekmanova et al. // Applied Sciences. 2023. Vol. 13. Art. 2661. P. 1–20. DOI: 10.3390/app13042661.
4. Пleshкова А.Ю. Онтологии в управлении образовательным процессом // Онтология проектирования. 2022. Т. 12. № 4(46). С. 506–517. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-4-506-517.
5. Андреев Д.А. Исследование и разработка онтологической модели образовательной программы подготовки ИТ-специалистов // Новые информационные технологии в научных исследованиях. Сборник тезисов XXX Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и

специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях». Т. 1. Рязань: 2025. С. 14–15.

6. OWL 2 Web Ontology Language: Document Overview (Second Edition). URL: <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/> (дата обращения: 31.03.2026).

7. RDF 1.1 Concepts and Abstract Syntax. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/> (дата обращения: 31.03.2026).

8. Shapes Constraint Language (SHACL). URL: <https://www.w3.org/TR/shacl/> (дата обращения: 31.03.2026).

9. SPARQL Query Language for RDF. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/> (дата обращения: 31.03.2026).

10. CourseKG: an educational knowledge graph based on course information for precision teaching / Y. Li, Y. Liang, R. Yang et al. // *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14. Art. 2710. P. 1–18. DOI: 10.3390/app14072710.

References

1. Dolyatovskij V.A., Gamalej YA.V. Ontologicheskij podhod k processam i sistemam obucheniya i obrazovaniya [An ontological approach to learning and education processes and systems]. *Obrazovatel'nye tekhnologii* [Educational technologies]. 2018. No. 3. 76–106 pp. (in Rus.).

2. Ontology Development for Creating Identical Software Environments to Improve Learning Outcomes in Higher Education Institutions / P. Stolic, D. Milosevic, Z. Stevic, I. Radovanovic // *Electronics*. 2023. Vol. 14. Art. 3057. P. 1–20. DOI: 10.3390/jrfm18080412. DOI: 10.3390/electronics12143057.

3. Analysis of the consistency of prerequisites and learning outcomes of educational programme courses by using the ontological approach / A. Nazyrova, M. Milosz, G. Bekmanova et al. // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13. Art. 2661. P. 1–20. DOI: 10.3390/app13042661.

4. Pleshkova A.YU. Ontologii v upravlenii obrazovatel'nym processom [Ontologies in the management of the educational process]. *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of Designing]. 2022. Vol. 12. No. 4(46). 506–517 pp. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-4-506-517. (in Rus.).

5. Andreev D.A. Issledovanie i razrabotka ontologicheskoy modeli obrazovatel'noj programmy podgotovki IT-specialistov [Research and development of an ontological model for an educational program for training IT specialists]. *Novye informacionnye tekhnologii v nauchnyh issledovaniyah* [Proceedings of abstracts of the XXX All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Young Scientists, and Specialists "New Information Technologies in Scientific Research"]. Vol. 1. Ryazan: 2025. 14–15 pp. (in Rus.).

6. OWL 2 Web Ontology Language: Document Overview (Second Edition). URL: <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/> (дата обращения: 31.03.2026).

7. RDF 1.1 Concepts and Abstract Syntax. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/> (дата обращения: 31.03.2026).

8. Shapes Constraint Language (SHACL). URL: <https://www.w3.org/TR/shacl/> (дата обращения: 31.03.2026).

9. SPARQL Query Language for RDF. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/> (дата обращения: 31.03.2026).

10. CourseKG: an educational knowledge graph based on course information for precision teaching / Y. Li, Y. Liang, R. Yang et al. // *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14. Art. 2710. P. 1–18. DOI: 10.3390/app14072710.

УДК 004.89

В.И. Борисенко, В.И. ПименовСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**ГИБРИДНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ БИЗНЕС-СТРАТЕГИЙ С ГЕНЕРАЦИЕЙ ГИПОТЕЗ НА ОСНОВЕ БОЛЬШОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ**

© В.И. Борисенко, В.И. Пименов, 2026

Представлен гибридный метод, объединяющий большие языковые модели и генетический алгоритм для многокритериальной оптимизации решения бизнес задач с использованием неструктурированных данных. Большая языковая модель выполняет функции генератора начальных гипотез, оператора мутации и кроссовера, а также интерпретатора внешних текстовых данных (новости, отчёты). Генетический алгоритм осуществляет целенаправленный поиск в пространстве проектных переменных.

Ключевые слова: большая языковая модель, генетический алгоритм, многокритериальная оптимизация, генерация гипотез, неструктурированных данных

V.I. Borisenko, V.I. PimenovSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**A HYBRID GENETIC METHOD FOR OPTIMIZING BUSINESS STRATEGIES WITH HYPOTHESIS GENERATION BASED ON A LARGE LANGUAGE MODEL**

The article presents a hybrid method that combines large language models with a genetic algorithm for multi-criteria optimization of business problems using unstructured data. The large language model serves as a generator of initial hypotheses, a mutation and crossover operator, and an interpreter of external text data (news, reports). The genetic algorithm performs a targeted search in the space of project variables.

Keywords: large language model, genetic algorithm, multi-criteria optimization, hypothesis generation, unstructured data

Введение

Оптимизация бизнес-стратегий в современных условиях требует учёта как структурированных количественных данных, так и неструктурированной текстовой информации. Классические эволюционные алгоритмы, в частности генетический алгоритм, эффективны для поиска в многомерных пространствах, но не способны использовать семантику текстов при формировании начальных решений и операторов вариации. Большие языковые модели (large language models, LLM) демонстрируют возможности генерации гипотез и интерпретации контекста, однако самостоятельное применение LLM не гарантирует достижения требуемых результатов [1]. Целью настоящей работы является разработка гибридного метода, в котором LLM интегрируется в генетический алгоритм для инициализации популяции, управления мутацией и кроссовером.

Анализ существующих подходов

В последние годы активно развивается направление, объединяющее большие языковые модели и эволюционные алгоритмы. Интеграция LLM в оптимизационные процедуры может рассматриваться в двух основных парадигмах где LLM выступает как средство автоматизации проектирования эвристик и где LLM является компонентом, встраиваемым непосредственно в тело эволюционного алгоритма [1]. Представленная работа относится ко второму направлению.

Ключевым результатом, демонстрирующим принципиальную возможность использования LLM в качестве эволюционного оптимизатора, является подход, предложенный в [2]. Авторы показали, что LLM могут выполнять функции операторов мутации и кроссовера без дополнительного обучения, генерируя осмысленные вариации решений на основе естественно-языкового описания задачи.

Развивая эту идею, в работе [3] предложили структуру, в которой LLM используется как оператор мутации в задаче генетического улучшения программного кода. Эксперименты подтвердили, что LLM-управляемая мутация позволяет генерировать более качественные варианты решений по сравнению со стандартными стохастическими операторами, однако авторы отметили существенный недостаток,

связанный с высокой вычислительной стоимостью многократных обращений к LLM на каждом поколении.

В работе [4] представлена гибридная структура генетического алгоритма и LLM, предназначенная для оптимизации структурированных выходных данных при жёстких ограничениях. В этой структуре LLM отвечает за генерацию содержательных вариаций решений, а генетический алгоритм обеспечивает целостность структуры и глобальную оптимизацию. Важной особенностью является введение механизмов, минимизирующих затраты на взаимодействие с LLM, что частично решает проблему вычислительной эффективности. Однако предложенный подход ориентирован на задачи с небольшим числом проектных переменных и не учитывает необходимость верификации генерируемых гипотез.

Параллельно развивалось направление использования LLM для инициализации популяции. В работе [5] предложена структура, в которой LLM генерирует начальные решения на основе анализа контекста задачи, что позволяет улучшить качество начального приближения и сократить число поколений, необходимых для сходимости.

Анализ существующих работ позволяет выявить три системных ограничения. Во-первых, большинство предложенных подходов используют LLM как пассивный генератор вариаций, не интегрируя её в итеративный процесс верификации промежуточных результатов. Во-вторых, отсутствуют формальные методы оценки достоверности гипотез, генерируемых LLM на каждом шаге эволюционного поиска. В-третьих, существующие структуры не предусматривают адаптацию параметров операторов на основе обратной связи, что снижает эффективность в динамически изменяющихся предметных областях. Таким образом, сохраняется необходимость в разработке гибридного метода, в котором LLM выступает не только генератором вариаций, но и верифицируемым компонентом оптимизационного контура.

Постановка задачи

Рассматривается задача оптимизации бизнес-стратегии предприятия, функционирующего в условиях неопределённости внешней среды. Стратегия описывается вектором проектных переменных:

$$X = (X_1, X_2, \dots, X_N)$$

Компоненты X_i могут быть непрерывными (объём инвестиций, цена и так далее), дискретными (выбор поставщика из списка) или качественными (тип маркетинговой стратегии), причём качественные переменные предполагают предварительное кодирование в числовую форму.

Эффективность стратегии оценивается вектором показателей:

$$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_K)$$

Каждый показатель Y_k связан с проектными переменными зависимостью:

$$Y_k = f_k(X, U), \quad k=1, \dots, K$$

где U – вектор внешних факторов, не контролируемых лицом, принимающим решения (ЛПР). К числу таких факторов относятся рыночная конъюнктура, действия конкурентов, изменения нормативно-правовой базы, макроэкономические индикаторы.

В отличие от классической постановки, часть зависимостей f_k не может быть задана аналитически или обучена на структурированных данных. Причина заключается в том, что некоторые показатели существенно зависят от неструктурированной информации, содержащейся в текстовых документах (новости, аналитические отчёты, сообщения в профессиональных сообществах, корпоративная переписка). Формально это выражается в том, что функция f_k имеет вид:

$$Y_k = f_k(X, U, \text{LLM}_{\text{extract}}(D_{\text{ext}}))$$

где $\text{LLM}_{\text{extract}}()$ – процедура извлечения семантически значимых признаков с использованием большой языковой модели; D_{ext} – совокупность внешних текстовых источников, доступных в момент принятия решения;

Таким образом, вычисление значения Y_k требует обращения к LLM, что вносит в задачу дополнительные вычислительные затраты и неопределённость, связанную с возможными ошибками генерации. Вектор внешних факторов U также частично извлекается из неструктурированных данных. Предполагается, что в момент принятия решения доступен набор текстовых источников, отражающих текущее состояние среды. LLM используется для их анализа и получения количественных оценок компонент U . Достоверность этих оценок проверяется модулем верификации, который сопоставляет информацию из нескольких независимых источников и присваивает каждой оценке уровень доверия.

Для сведения многокритериальной задачи к скалярной вводится интегральный критерий эффективности:

$$Y = F(Y_1, Y_2, \dots, Y_K)$$

В рамках настоящей работы предполагается, что структура F известна, которой может выступать, например, линейная свёртка с фиксированными весами. Параметры данной структуры могут быть настроены на этапе предварительного анализа. Требуется найти стратегию X^c , максимизирующую интегральный критерий:

$$X^c = \operatorname{argmax} Y(X) = \operatorname{argmax} F(f_1(X,U), \dots, f_k(X,U))$$

Блок-схема постановки задачи оптимизации на основе LLM представлена на рисунке 1.

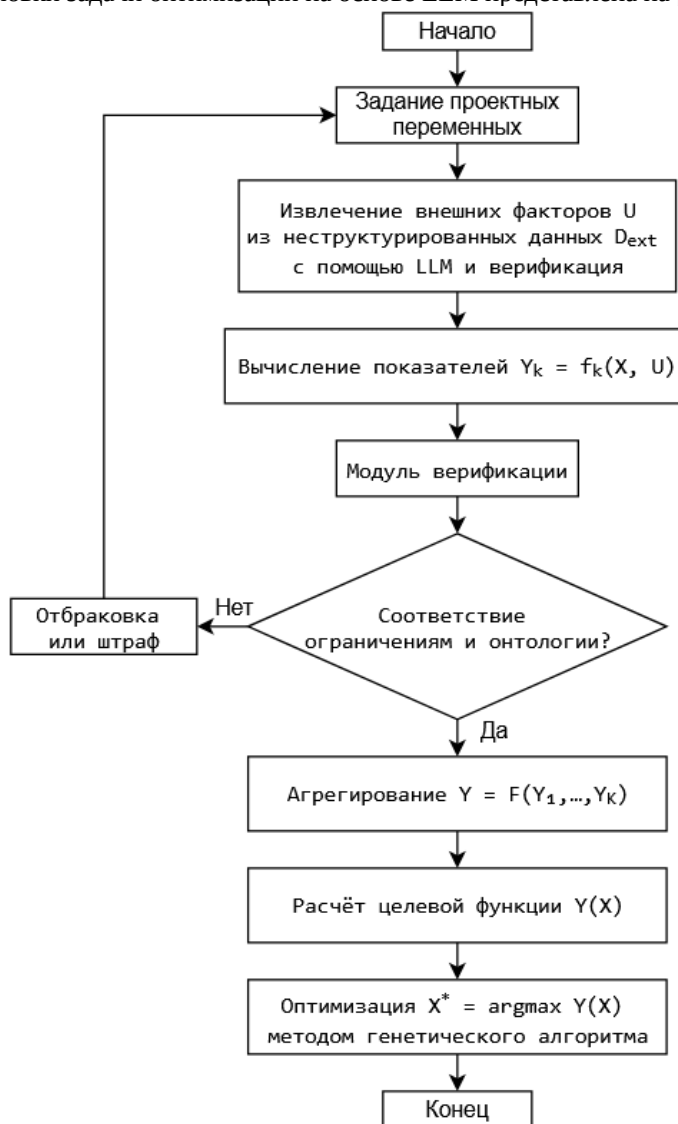


Рис. 1. Алгоритм оптимизации бизнес-стратегий с LLM-верификацией

Особенностью задачи является то, что целевая функция $Y(X)$ не имеет аналитического выражения, её вычисление требует последовательного выполнения нескольких этапов: извлечение внешних факторов с помощью LLM, расчёт показателей Y_k , часть из которых также зависит от LLM, агрегирование. Кроме того, каждое вычисление сопровождается верификацией промежуточных результатов, что может приводить к отсеиванию недопустимых гипотез и, следовательно, к неопределённости в значении $Y(X)$. Решение этой задачи относится к классу оптимизации «чёрного ящика» с дорогостоящими вычислениями, поскольку каждый вызов целевой функции сопряжён с затратами на обращение к LLM и, возможно, к имитационной модели. Дополнительным ограничением является дискретность части проектных переменных, что исключает применение градиентных методов. Таким образом, для решения задачи целесообразно использовать эволюционные алгоритмы, в частности генетический алгоритм, адаптированный для работы с дорогостоящими вычислениями.

Архитектура предлагаемого гибридного метода

Гибридный метод, объединяющий LLM и генетический алгоритм, представляет собой последовательно-параллельную структуру, в которой генетический алгоритм выполняет глобальный поиск в пространстве проектных переменных, а LLM выступает в роли семантически управляемого генератора вариантов. Взаимодействие компонентов организовано следующим образом. На каждом поколении генетический алгоритм оперирует популяцией хромосом, каждая из которых является кодированным представлением вектора X . Стандартные стохастические операторы заменены или дополнены вызовами LLM. Модель получает инструкцию, содержащее описание задачи, текущее состояние популяции или отдельных особей и инструкцию на генерацию новых решений. Сгенерированные LLM варианты проходят этап верификации, после чего включаются в популяцию наравне с особями, полученными классическими методами.

Архитектурно метод включает следующие функциональные блоки: блок кодирования/декодирования, преобразующий вектор X в текстовое описание и обратно; блок вызова LLM, формирующий промпты и обрабатывающий ответы; блок верификации, проверяющий соответствие генерируемых решений ограничениям и онтологии; блок селекции, реализующий отбор особей для следующего поколения. Блок вызова LLM снабжён кэшем, предотвращающим повторные генерации идентичных или семантически близких решений. Частота обращений к LLM управляется параметром – долей особей, создаваемых с участием модели в каждом поколении.

Отличием от классических гибридных алгоритмов является двунаправленность связи. Не только генетический алгоритм использует LLM для генерации, но и результаты работы генетического алгоритма (лучшие найденные стратегии) накапливаются и при необходимости подаются в LLM для дальнейшего улучшения. Это реализовано через буфер элитных решений, который периодически передаётся в промпт для инициализации новых циклов генерации. Такая организация позволяет LLM адаптировать свои предложения на основе успешных паттернов, обнаруженных в процессе эволюции.

Инициализация популяции с помощью LLM

В стандартном генетическом алгоритме начальная популяция формируется случайным образом. Недостаток этого подхода заключается в том, что случайные стратегии часто заведомо нежизнеспособны, так как они могут нарушать неявные бизнес-правила, выходить за пределы допустимых сочетаний переменных либо иметь заведомо низкую целевую функцию. В предлагаемом методе инициализация выполняется комбинированно. Часть популяции генерируется LLM на основе анализа контекста задачи, остальные особи создаются случайно для поддержания разнообразия.

Процесс LLM-инициализации включает следующие шаги: формируется промпт, содержащий: общее описание бизнес-задачи; перечень проектных переменных с указанием их типа (непрерывная, дискретная, качественная) и допустимых диапазонов; примеры успешных стратегий из истории; требования к разнообразию генерируемых решений. LLM генерирует M различных вариантов вектора X , каждый в текстовой форме. Затем блок декодирования преобразует текст в числовые значения переменных. Для качественных переменных используется заранее заданное отображение на множество допустимых состояний. Сгенерированные решения проверяются на принадлежность допустимой области. Решения, нарушающие явные граничные ограничения, отбраковываются; LLM вызывается повторно с указанием на ошибку. После успешной генерации и верификации решения добавляются в начальную популяцию [7].

LLM-управляемые операторы мутации и кроссовера

Классические операторы мутации и кроссовера в генетическом алгоритме основаны на случайных изменениях генов или обмене фрагментами хромосом [7]. Их недостаток заключается в отсутствии учёта семантической связности переменных. Например, увеличение цены может потребовать сопутствующего увеличения качества обслуживания, иначе нарушается бизнес-логика. Случайная мутация, изменяющая только цену, с высокой вероятностью породит недопустимую или заведомо неэффективную стратегию.

В предлагаемом методе операторы мутации и кроссовера реализуются двумя альтернативными способами, выбор между которыми определяется вероятностно. С вероятностью P_{LLM} применяется LLM-управляемый оператор, иначе – классический стохастический оператор. Это обеспечивает баланс между семантической осмысленностью и вычислительной эффективностью.

LLM-мутация. Для заданной родительской особи X_{parent} формируется инструкция к LLM, включающая описание задачи, текущие значения переменных, значение целевой функции (если известно), корректирующую инструкцию для изменения одной или нескольких переменных так, чтобы улучшить стратегию, не нарушая бизнес-правил. LLM возвращает один или несколько вариантов модифицированной стратегии X_{child} . Важным свойством является то, что LLM способна учитывать неявные связи между переменными, которые не формализованы в явных ограничениях.

LLM-кроссовер. Для двух родительских особей $X_{parent1}$ и $X_{parent2}$ формируется инструкция к LLM, описывающая обе стратегии и требующий сгенерировать одну или несколько дочерних особей, которые наследуют сильные стороны родителей. В отличие от классического одноточечного или равномерного кроссовера, LLM-кроссовер может создавать ребёнка, не являющегося простой комбинацией генов, а представляющего собой новую целостную стратегию, синтезированную на основе анализа родительских. Например, от первого родителя может быть взята ценовая политика, от второго – каналы продвижения, при этом модель может скорректировать параметры для устранения противоречий.

Функция пригодности с верификацией

Вычисление значения целевой функции $Y(X)$ для каждой особи является наиболее трудоёмкой операцией, поскольку требует запуска гибридной модели, включающей обращение к LLM для извлечения внешних факторов, расчёт показателей Y_k и агрегирование. В предлагаемом методе вычисление функции пригодности дополнено обязательной верификацией, которая выполняется модулем верификации и может прервать вычисление, если промежуточные результаты признаны недостоверными.

Процедура вычисления организована следующим образом. На первом этапе для заданного X формируется запрос к LLM для получения оценок внешних факторов U на основе доступных текстовых источников. LLM возвращает значения U вместе с указанием источников и оценкой достоверности для каждого фактора. Модуль верификации сравнивает оценки из разных независимых. Если значение ниже заданного порога отсечения, вычисление прерывается, особи присваивается штрафное значение $Y = Y_{penalty}$. На втором этапе для каждого показателя Y_k вычисляется значение в соответствии с типом зависимости. Для показателей, зависящих от LLM, выполняется аналогичная процедура верификации путём извлечения подтверждающих цитат из пула контекстов и их последующей оценкой на релевантность и свежесть. Если для какого-либо Y_k достоверность оказывается ниже порога, особь также штрафует. Наконец на третьем этапе вычисляется интегральный критерий $Y = F(Y_1, Y_2, \dots, Y_K)$.

Для особей, не прошедших верификацию, значение функции пригодности не вычисляется полностью; вместо этого им присваивается константа Y_{low} , заведомо меньшая, чем у любой допустимой особи. Это гарантирует, что такие варианты не будут отобраны для воспроизводства, но сохраняются в популяции для поддержания разнообразия с возможностью последующей коррекции.

Критерий остановки

В классических генетических алгоритмах используются критерии остановки, основанные на числе поколений, достижении целевого значения функции или стагнации (отсутствие улучшения за заданное число поколений). В предлагаемом методе эти критерии дополняются специфическими, учитывающими семантическую оценку найденного решения [5].

Первым дополнительным критерием является семантическая сходимость. Даже если значения целевой функции перестали улучшаться, сгенерированные стратегии могут быть различными по своей сути. Семантическая сходимость оценивается путём вычисления попарных расстояний между векторными представлениями текстовых описаний стратегий. Если все элитные особи имеют расстояние ниже порога, считается, что популяция семантически сошлась, и дальнейший поиск малопродуктивен.

Вторым критерием выступает оценка LLM достаточности решения. По достижении стагнации формируется промпт, содержащий описание задачи и лучшую найденную стратегию X^c . На LLM подаётся инструкция для установления является ли эта стратегия достаточно хорошей с точки зрения бизнес-смысла, и если нет, то какие направления улучшения следует исследовать. Ответ модели может быть двух типов: «приемлемо», что означает остановку или «требуется дальнейший поиск», то есть требуется продолжение с переинициализацией части популяции. Этот механизм предотвращает преждевременную остановку в случаях, когда численное улучшение незначительно, но семантически решение неудовлетворительно.

И наконец третьим критерием является бюджет вызовов LLM. Поскольку каждый вызов LLM сопряжён с вычислительными затратами и задержками, вводится ограничение на общее число обращений к модели. При достижении лимита алгоритм завершает работу, возвращая лучшее найденное решение, даже если другие критерии не выполнены.

Комбинация критериев реализована в виде логического правила. Алгоритм останавливается, если выполнено любое из условий:

$$\text{Останов} = A \vee B \vee (C \wedge (D \vee E))$$

где:

- A – достигнуто максимальное число поколений;
- B – достигнуто целевое значение;

- С – стагнация;
- D – семантическая сходимость;
- E – ответ LLM о достаточности.

Такой подход обеспечивает адаптивную остановку, сокращая избыточные вычисления без потери качества. На рисунке 2 представлена диаграмма предлагаемого гибридного метода, объединяющий LLM и генетический алгоритм.

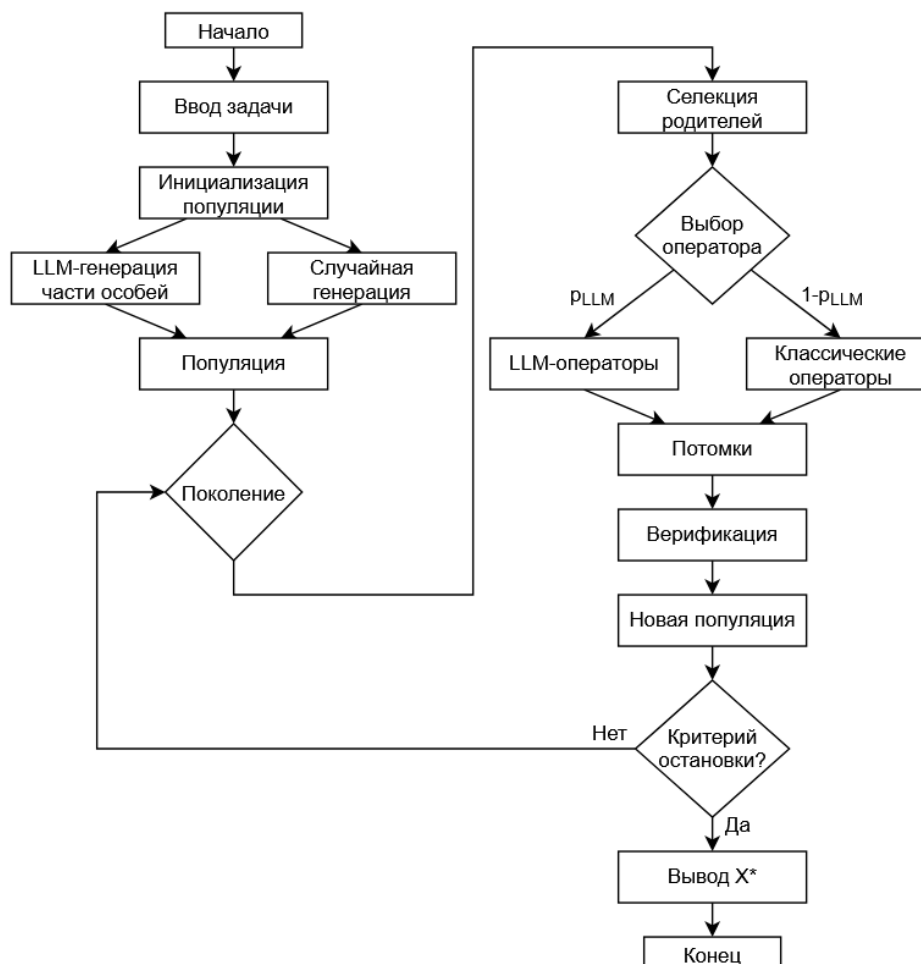


Рис. 2. Концептуальная модель гибридного метода оптимизации нахождения бизнес-стратегий

Заключение

В работе предложен гибридный метод оптимизации бизнес-стратегий, объединяющий генетический алгоритм с LLM. LLM выступает не как пассивный генератор начальных решений, а как активный управляющий оператор, выполняющий мутацию и кроссовер на основе семантического анализа контекста. В отличие от существующих подходов, метод включает встроенную верификацию генерируемых гипотез через оценку достоверности внешних факторов и промежуточных показателей, что снижает риск принятия решений, основанных на «галлюцинациях» модели

Список литературы

1. Борисенко В.И. Генерации синтетических наборов данных с использованием больших языковых моделей для решения бизнес-задач // ПРОМТЕХДИЗАЙН. Естественные и технические науки : Сборник статей всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Часть 3: сб. докладов. Санкт-Петербург: 2025. С. 40-42.
2. Huang S. [et al.]. When Large Language Model Meets Optimization. URL <https://arxiv.org/pdf/2405.10098> (дата обращения: 24.03.2026).
3. Meyerson E. [et al.]. Language Model Crossover: Variation through Few-Shot Prompting // ACM Transactions on Evolutionary Learning and Optimization. 2024. Vol. 4(4). 1-28 pp.
4. Brownlee A.E.I. [et al.]. Large language model based mutations in genetic improvement // Autom Softw Eng. 2025. Vol. 32(15). 1-25 pp.

5. Shum W. [et al.]. A Hybrid GA LLM Framework for Structured Task Optimization. URL: <https://arxiv.org/pdf/2506.07483v2> (дата обращения: 31.03.2026).
6. Liu W., Chen L., Tang Z. Large Language Model Aided Multi-objective Evolutionary Algorithm: a Low-cost Adaptive Approach. URL: <https://arxiv.org/pdf/2410.02301> (дата обращения: 01.04.2026).
7. Yu H., Liu J. Deep Insights into Automated Optimization with Large Language Models and Evolutionary Algorithms. URL: <https://arxiv.org/pdf/2410.20848> (дата обращения: 06.04.2026).

References

1. Борисенко В.И. Генерации синтетических наборов данных с использованием больших языковых моделей для решения бизнес-задач // *PROMTEHDIZAJN. Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Proceedings of the All-Russian scientific conference of junior researchers with international participation. Part 3: proceedings of the presentations]. Saint Petersburg: 2025.40-42 pp. (in Rus.).
2. Huang S. [et al.]. *When Large Language Model Meets Optimization*. URL: <https://arxiv.org/pdf/2405.10098> (date accessed: 24.03.2026).
3. Meyerson E. [et al.]. Language Model Crossover: Variation through Few-Shot Prompting. *ACM Transactions on Evolutionary Learning and Optimization*. 2024. Vol. 4(4). 1-28 pp.
4. Brownlee A.E.I. [et al.]. Large language model based mutations in genetic improvement. *Autom Softw Eng*. 2025. Vol. 32(15). 1-25 pp.
5. Shum W. [et al.]. *A Hybrid GA LLM Framework for Structured Task Optimization*. URL: <https://arxiv.org/pdf/2506.07483v2> (date accessed: 31.03.2026).
6. Liu W., Chen L., Tang Z. *Large Language Model Aided Multi-objective Evolutionary Algorithm: a Low-cost Adaptive Approach*. URL: <https://arxiv.org/pdf/2410.02301> (date accessed: 01.04.2026).
7. Yu H., Liu J. *Deep Insights into Automated Optimization with Large Language Models and Evolutionary Algorithms*. URL: <https://arxiv.org/pdf/2410.20848> (date accessed: 06.04.2026).

УДК 004.921

А.А. Веселкова, М.А. Ермина

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

СОЗДАНИЕ ЛОГОТИПА ДЛЯ БРЕНДА ТАНЦЕВАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕДАКТОРА ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ

© А.А. Веселкова, М.А. Ермина, 2026

В статье используются материалы, разработанные в редакторе векторной графики при создании логотипа для бренда танцевальной одежды. При разработке были учтены современные тенденции и потребность в самовыражении.

Ключевые слова: логотип, дизайн, Coreldraw, векторная графика, графический редактор, фирменный стиль, танцевальная одежда, цвет, шрифт

A.A. Veselkova, M.A. Ermina

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, Saint Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

CREATING A LOGO FOR A DANCEWEAR BRAND USING VECTOR GRAPHICS EDITOR

This article uses materials developed in a vector graphics editor at the creating a logo for a dancewear brand. Modern trends and the need for self-expression were taken into account during development.

Keywords: logo, design, Coreldraw, vector graphics, graphics editor, corporate identity, dancewear, color, font

Создание логотипа – это сложный процесс, включающий анализ истории логотипов, изучение современных тенденций в дизайне, всестороннее исследование целевой аудитории. Важно учитывать, как цветовая палитра, шрифты и графические элементы влияют на восприятие логотипа. Визуальный стиль бренда играет ключевую роль в его узнаваемости и успешном продвижении на рынке. Одним из главных элементов идентичности организации является логотип – символ, который отражает базовую концепцию компании, отражает иерархию ее ценностей и помогает выстроить связь с целевой аудиторией. В индустрии танцевальной одежды, где важны эстетика, динамика и самовыражение, логотип должен не только привлекать внимание, но и передавать характер бренда, его стиль и ценности.

Рассмотрим особенности логотипов для индустрии танцевальной одежды. Логотипы для индустрии танцевальной одежды должны учитывать специфические особенности этой ниши, такие как динамичность, эстетика и ориентация на определенную аудиторию. Танцевальная одежда не только выполняет функциональные задачи, но и служит средством самовыражения, подчёркивая индивидуальность и стиль. Логотип, в свою очередь, должен эффективно передавать эти идеи и соответствовать запросам как профессиональных, так и любительских танцоров.

Целевая аудитория танцевальной одежды включает как профессиональных танцоров, так и любителей, которые занимаются танцами в качестве хобби. Для профессионалов важны такие характеристики одежды, как комфорт, лёгкость и свобода движений, в то время как для любителей важен не только комфорт, но и внешний вид, который помогает выражать личный стиль. Важно, чтобы логотип был способен передавать эмоции, связанные с танцем: энергию, грацию и страсть, которые являются неотъемлемой частью этого вида искусства. Дизайн логотипа должен вызывать позитивные ассоциации с танцевальной культурой, демонстрировать вдохновение и выражать стремление к движению.

Индустрия танцевальной одежды тесно связана с модой и современными трендами, что накладывает особые требования на дизайн логотипа. Логотип для бренда танцевальной одежды должен отражать актуальные стилистические направления, такие как минимализм, элегантность, динамичность или асимметричность. Логотип должен быть достаточно универсальным, чтобы отражать разнообразие стилей танцев – от классического балета до уличных танцев, что требует использования универсальных и современных форм. При этом логотип не должен перегружаться деталями, чтобы оставаться легко узнаваемым и запоминающимся. Танцы ассоциируются с движением, ритмом и грацией, и логотип в индустрии танцевальной одежды должен отражать указанные аспекты

линий, а также форм, символизирующих движение и энергию. Часто для этого применяются волнообразные линии, изгибы и динамичные геометрические элементы, которые создают визуальную ассоциацию с плавностью и свободой движений, характерных для танцев. Такие элементы помогают подчеркнуть философию бренда, ассоциируя его с изяществом и экспрессией.

Индустрия танцевальной одежды охватывает множество различных направлений, таких как балет, спортивные танцы, уличные танцы, народные и современные танцевальные стили. Логотип для бренда танцевальной одежды должен быть достаточно универсальным, чтобы отвечать потребностям разных типов танцев. В то же время, дизайн логотипа может быть адаптирован в зависимости от направления. Для брендов, ориентированных на спортивные и бальные танцы, логотипы могут быть более строгими и элегантными, в то время как для брендов, ориентированных на уличные танцы или хип-хоп, логотипы могут быть более динамичными и молодежными, с элементами, характерными для субкультуры.

Цветовая палитра логотипов для индустрии танцевальной одежды также играет ключевую роль. Яркие, насыщенные цвета, такие как красный, синий, фиолетовый, часто используются для выражения энергии, страсти и эмоций, которые танцы вызывают у людей. Нейтральные цвета, например, черный, белый или серый, могут символизировать элегантность и универсальность, что особенно важно для брендинга высококачественной танцевальной одежды. Важно, чтобы цвета логотипа сочетались с общим имиджем бренда и усиливали его ценности, будь то энергия, креативность или профессионализм.

Логотип бренда танцевальной одежды должен быть не только отдельным элементом визуальной идентичности, но и неотъемлемой частью фирменного стиля. Он должен гармонично сочетаться с другими визуальными компонентами, такими как шрифты, цветовая палитра и графические элементы, создавая цельное и профессиональное изображение бренда. Логотип должен быть адаптирован для использования на различных носителях: этикетках, упаковке, рекламных материалах, веб-сайтах и социальных сетях. Важно, чтобы логотип сохранял свою узнаваемость и привлекательность независимо от размера и формата.

Логотипы для индустрии танцевальной одежды должны сочетать в себе элементы динамичности, грации и креативности, отражая дух танца и привлекая внимание целевой аудитории. Он должен быть современным, легко узнаваемым и универсальным, подходить для различных типов танцев и эффективно работать на разных платформах. Логотип является важным инструментом для формирования имиджа бренда и его идентичности на рынке, а также служит связующим звеном между брендом и его поклонниками.

Психология цвета и шрифта играет ключевую роль в создании эффективного логотипа. Эти элементы имеют огромное влияние на восприятие бренда, формируя эмоциональную и психологическую реакцию у целевой аудитории. Понимание того, как различные цвета и шрифты могут воздействовать на восприятие, помогает дизайнерам создавать логотипы, которые не только визуальны привлекательны, но и соответствуют ценностям бренда и его целевой аудитории. Цвет – это один из самых мощных инструментов в дизайне, так как он напрямую воздействует на эмоции и восприятие человека. Каждый цвет вызывает определенные ассоциации и чувства, что делает его важным элементом при создании логотипов.

Рассмотрим, как различные цвета могут влиять на восприятие бренда:

- красный: Цвет страсти, энергии, активности и силы. Он часто используется для создания впечатления динамичности и агрессивности. Красный также ассоциируется с любовью и возбуждением, что делает его популярным выбором для брендов, ориентированных на молодежную аудиторию и спортивные товары.

- синий: Цвет доверия, стабильности и профессионализма. Вызывает ассоциации с честностью и надежностью, что делает его идеальным для корпоративных брендов, банков, технологий и медицины. Он создает спокойное и уверенное впечатление.

- зеленый: Символизирует природу, здоровье, экологичность и спокойствие. Зеленый часто используется брендами, связанными с экологией, органическими продуктами и фитнесом. Этот цвет также ассоциируется с ростом и гармонией.

- желтый: Цвет радости, оптимизма и энергии. Желтый вызывает положительные эмоции, связанные с солнечным светом и счастьем. Это отличный выбор для брендов, которые хотят создать яркий и жизнерадостный образ.

- черный: Элегантность, стиль, утонченность и сила. Черный цвет часто используется для создания более серьезного и премиального имиджа бренда. Он помогает подчеркнуть роскошь и эксклюзивность, что делает его популярным среди высококлассных товаров и услуг.

- белый: Чистота, простота и нейтральность. Белый цвет может создавать ощущение легкости и свободы, что делает его идеальным для брендов, ориентированных на минимализм и современный стиль. Он также символизирует свежесть и чистоту.

Каждый цвет в логотипе должен быть выбран с учетом не только его психологического воздействия, но и того, как он соответствует образу бренда и его целям.

Шрифт в логотипе также играет ключевую роль, так как он не только передает информацию, но и создает определенное настроение и атмосферу. Разные стили шрифтов могут вызывать разные эмоции у потребителей, что важно учитывать при выборе шрифта для логотипа. Стили шрифтов представлены на рисунке 1.

Серифные шрифты имеют маленькие линии или украшения в конце букв. Они часто ассоциируются с традиционностью, профессионализмом и надежностью. Серифные шрифты подходят для логотипов, которые должны вызывать уважение и доверие, такие как бренды в области финансов, права и образования.

Безсерифные шрифты не имеют дополнительных украшений и считаются более современными и минималистичными. Они создают ощущение простоты, чистоты и современности. Безсерифные шрифты часто используются для стартапов, технологичных компаний, а также для брендов, ориентированных на молодежную аудиторию.

Каллиграфические и рукописные шрифты часто используются для создания индивидуальности и уникальности. Такие шрифты могут передавать тепло, креативность и элегантность. Каллиграфические шрифты часто применяются для брендов, которые хотят подчеркнуть искусность и ручную работу, например, в ювелирных изделиях, моде или искусстве.

Геометрические шрифты характеризуются четкими линиями и простыми формами, что придает логотипу чистоту и строгость. Геометрические шрифты используются в логотипах брендов, которые хотят выглядеть современно и технологично.

Декоративные шрифты часто имеют уникальный и стилизованный дизайн. Они могут быть использованы для создания ярких, индивидуальных и неформальных логотипов, но требуют осторожности, чтобы не перегрузить визуальное восприятие.



Рис.1. Сериальные, безсериальные, каллиграфические и рукописные, геометрические, декоративные шрифты

Когда цвет и шрифт комбинируются в логотипе, важно, чтобы они гармонировали между собой. Слишком яркие цвета могут конфликтовать с сложными шрифтами, в то время как сдержанные цвета могут быть подчеркнуты более выразительными шрифтами. Важно найти баланс между ними, чтобы логотип выглядел целостно и привлекательно. Психология цвета и шрифта является неотъемлемой частью успешного дизайна логотипа. Каждый элемент логотипа должен быть тщательно выбран с учетом того, какие эмоции и ассоциации он вызывает у целевой аудитории. Цвета и шрифты имеют силу формировать восприятие бренда, влияя на его узнаваемость, эмоциональную связь с потребителями и, в конечном итоге, на успех компании на рынке.

Создание логотипа является не только техническим процессом, но и креативной задачей, требующей от дизайнера глубокого понимания бренда, его ценностей и целей. На этапе выбора концепции важно учесть, что логотип должен быть уникальным, легко запоминающимся и отражать индивидуальность компании. Разработка концепции логотипа включает несколько ключевых шагов, включая сбор идей, мозговой штурм и создание эскизов. Прежде чем переходить к созданию эскизов логотипа, необходимо сформировать четкую концепцию, которая будет отражать основные идеи и ценности бренда. Например, если речь идет о бренде танцевальной одежды, важно учесть, какие именно аспекты танцевальной культуры и моды должен подчеркнуть логотип – это может быть стремление к динамике, элегантности, удобству или стилю.

Ответы на перечисленные ниже вопросы помогут заложить основу для будущего дизайна, который будет отражать философию и цели компании. Ключевые вопросы на этом этапе:

- какие эмоции должен вызывать логотип? (например, энергия, грация, уверенность);
- какой образ будет ассоциироваться с брендом? (например, современный, профессиональный, стильный);
- какие ценности бренда должны быть выражены в дизайне? (например, комфорт, качество, инновации).

Далее важно собрать как можно больше идей, которые могут быть использованы в будущем дизайне. Этот процесс включает в себя как исследование визуальных решений, так и размышления над концептуальными символами, которые могут быть ассоциированы с брендом. Для этого можно использовать:

а) исследование рынка: изучение логотипов конкурентов и других успешных брендов в индустрии танцевальной одежды, чтобы понять, какие элементы и символы активно используются, и избежать их повторения;

б) образные ассоциации: например, использование элементов, связанных с танцем (балетные пуанты, линии движения, силуэты танцоров), природными мотивами, динамичностью или абстрактными формами, подчеркивающими энергию;

в) цветовые решения: выбор цветовой палитры, которая будет сочетаться с общей концепцией бренда, создавая нужное эмоциональное восприятие. Для танцевальной одежды, например, могут подойти яркие и динамичные цвета (красный, оранжевый) или же сдержанные и элегантные (синий, белый, черный, серебряный, золотой). Для создаваемого логотипа бренда одежды для танцев были выбраны синие и белые оттенки, изображенные на рисунке 2, чтобы показать утонченность и силу.



Рис.2. Оттенки синего и белого

После того как концепция и основные идеи определены, следующим шагом является создание эскизов логотипа. На этом этапе дизайнеру важно быстро и эффективно реализовать различные идеи и варианты, чтобы визуализировать концепцию и оценить, какой из вариантов лучше всего соответствует бренду. Ручные эскизы – это первоначальные наброски логотипа, выполненные карандашом на бумаге, позволяют выразить самые смелые и неожиданные идеи, не ограничиваясь техническими нюансами. Эскизы играют важную роль в процессе визуализации идей, ведь они дают возможность гибко адаптировать концепцию и выбирать лучший вариант для дальнейшей разработки. На этом этапе важно быть открытым к изменениям, пробовать разные подходы и искать оптимальное решение, которое будет отвечать целям и философии бренда. После создания нескольких эскизов важно провести их оценку, анализируя, какой из них наиболее точно отражает концепцию бренда и подходит для дальнейшей работы. Важно учитывать:

- а) запоминаемость логотипа, он должен быть легко узнаваемым и ассоциироваться с брендом;
- б) универсальность логотипа, он должен хорошо выглядеть как в цвете, так и в черно-белом варианте, на разных носителях, таких как этикетки, упаковка и рекламные материалы;
- в) простота, чрезмерно сложные логотипы могут быть трудными для восприятия и запоминания, логотип должен быть лаконичным и четким.

Можно также провести тестирование эскизов среди целевой аудитории, чтобы понять, какой из них вызывает наибольшее доверие и интерес. Выбор концепции и создание эскизов логотипа – это важный этап в процессе разработки фирменного стиля бренда. На этом этапе дизайнер формирует представление о том, как визуально будут восприниматься ценности и философия бренда, а также проверяет различные идеи и стили для создания наиболее подходящего и уникального логотипа. Важно помнить, что логотип должен быть не только привлекательным и креативным, но и функциональным, отражая идентичность бренда и его целевой аудитории.

Одним из главных преимуществ *CorelDRAW* является работа с векторной графикой. В отличие от растровой графики, векторная графика состоит из математических формул, которые описывают линии, кривые и другие графические элементы. Это позволяет создавать изображения, которые не теряют качества при масштабировании, что особенно важно для логотипов, которые должны выглядеть четкими и разборчивыми как в малых, так и в больших размерах. Векторные изображения также легче редактируются и обрабатываются. Создание логотипа в *CorelDRAW* – это многогранный процесс, который включает в себя несколько этапов, начиная с концептуального замысла и заканчивая подготовкой логотипа к использованию на различных носителях.

Перед тем как приступить к созданию логотипа, следует провести подготовительные работы:

- изучение бренда и целевой аудитории: на этом этапе важно понять миссию, ценности и особенности бренда, а также предпочтения целевой аудитории. Для бренда танцевальной одежды важно отражение динамичности, элегантности и профессионализма, а основная аудитория – это девушки 16-30 лет;
- анализ конкурентов: Изучение логотипов конкурентов позволяет выявить общие тенденции в отрасли и избежать повторения слишком похожих элементов. Это поможет создать уникальный и оригинальный логотип.

- выбор концепции: Определение концептуальных направлений, таких как цветовая палитра, формы и текстовые элементы, которые будут использоваться в логотипе;

В качестве основного элемента логотипа был выбран лебедь, так как он отражает легкость, роскошь и элегантность. Также является символом знаменитого балета «Лебединое озеро».

На этапе создания эскизов и набросков были созданы предварительные наброски логотипа, которые выполнены вручную, они представлены на рисунке 3.

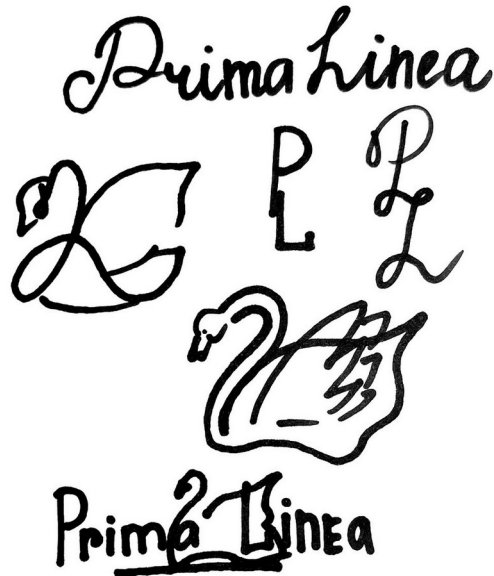


Рис. 3. Наброски на бумаге

Создание эскизов позволяет визуализировать идеи и выбрать наиболее подходящий концепт. В качестве графических элементов для начала можно использовать простые геометрические формы – круги, прямоугольники и линии. На этом этапе важно экспериментировать с композицией, расположением и размером элементов.

В дальнейшем эскизы были созданы в графическом редакторе *CorelDRAW*. Так как в качестве основного элемента логотипа был выбран лебедь, он был создан с помощью инструмента «Безье», повторяя силуэт лебедя с референсной картинкой, затем была выполнена заливка цветами из выбранной ранее палитры. Результат проделанной работы представлен на рисунке 4.

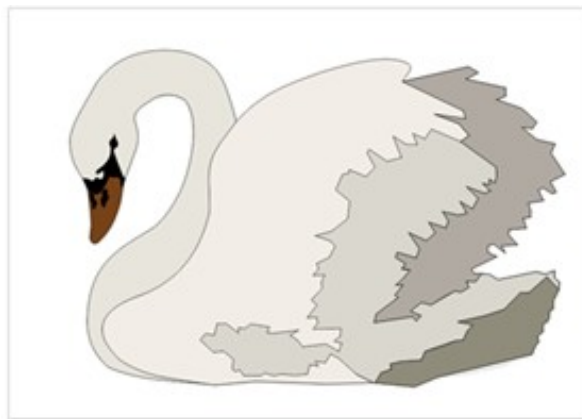


Рис. 4. Эскиз, реализованный в графическом редакторе

После того как основная форма логотипа создана, важно добавить текст, который будет частью фирменного стиля. В *CorelDRAW* инструмент «Текст» позволяет работать с различными шрифтами, их размером и расположением. Выбран шрифт, который будет гармонировать с общей концепцией логотипа. Для бренда

танцевальной одежды это может быть современный и элегантный шрифт, который подчеркнет динамичность и стиль. В качестве основы для текстового логотипа был выбран рукописный шрифт, изображенный на рисунке 5.

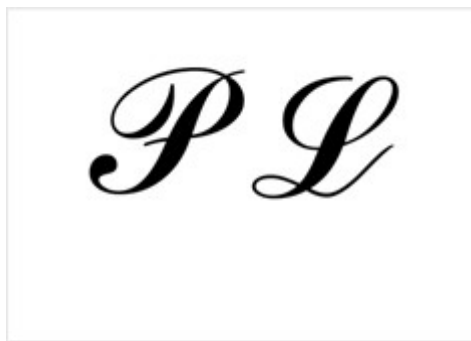


Рис.5. Эскиз монограммы

В дальнейшем была произведена модификация параметров узлов текста: В *CorelDRAW* можно преобразовать текст в кривые, что позволит свободно изменять его форму. После выбора шрифта, текст был преобразован в кривые для коррекции элементов. Результат изображен на рисунке 6.



Рис. 6. Работа с кривыми

Цветовая палитра играет важную роль в восприятии логотипа. В зависимости от концепции бренда, можно использовать яркие и насыщенные цвета или более сдержанные и элегантные оттенки. Для логотипа танцевальной одежды можно использовать яркие, динамичные цвета, такие как красный, оранжевый или синий, чтобы подчеркнуть энергию и активность. Для более элегантных брендов могут быть выбраны пастельные или нейтральные цвета. Для данного логотипа был выбран темно-синий цвет текста и пастельные цвета для лебедя. Результат работы с цветом представлен на рисунках 7 и 8.

Prima Linea

Рис. 7. Цветовое решение текстового логотипа

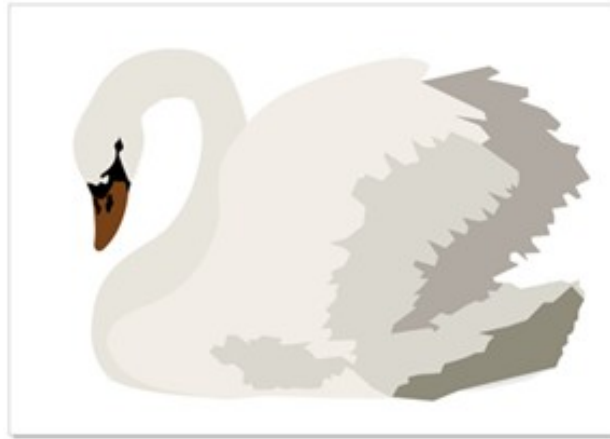


Рис. 8. Цветовое решение графического логотипа

На этапе детализации и улучшения важно внести все необходимые правки, улучшая внешний вид логотипа. Использование слоев позволяет работать с каждым элементом логотипа отдельно, что дает большую гибкость в редактировании. Можно добавить различные текстуры, эффекты затенения и освещения, а также модифицировать формы для улучшения внешнего вида. Применение различных фильтров и эффектов, таких как тени или световые блики, может добавить оригинальности и сделать логотип более привлекательным. Для придания логотипу элегантности и воздушности было применено несколько фильтров к графическому элементу. Результат изображен на рисунке 9.



Рис. 9. Итоговый логотип

После создания логотипа важно посмотреть, как он будет выглядеть на различных носителях. Варианты применения логотипа на упаковке, на одежде, на бирке изображены на рисунке 10.



Рис. 10. Варианты применения логотипа

Заключение. Важным моментом в процессе выполнения работы было пристальное внимание к особенностям индустрии танцевальной одежды, что потребовало тщательной проработки логотипа, который бы отражал стиль и концепцию бренда, привлекал целевую аудиторию и выделялся на фоне конкурентов. Были подробно исследованы все этапы создания логотипа от выбора концепции и создания эскизов до использования современных технологий, таких как графический редактор *CorelDRAW*. В процессе разработки логотипа было уделено внимание адаптации логотипа для различных носителей.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что логотип является важнейшей частью фирменного стиля и играет ключевую роль в формировании имиджа бренда. Он не только помогает выделить компанию на фоне конкурентов, но и служит визуальным символом ценностей и философии бренда. Важно учитывать, как теоретические аспекты, так и практические особенности разработки и применения логотипа, чтобы создать успешный и узнаваемый фирменный стиль. Полученные результаты могут быть полезны начинающим дизайнерам, владельцам брендов танцевальной одежды и специалистам в области маркетинга, которые занимаются визуальной айдентикой.

Список литературы

1. Зиновьева, Н. В. Искусственный интеллект в графическом дизайне: возможности и перспективы. – М.: Издательство «КноРус», 2023. – 256 с.
2. Светлова, И. П. Психология восприятия цвета в графическом дизайне. – М.: Издательство «МедиаСфера», 2022. – 192 с.
3. Сидоров, П. Н. Разработка логотипов и фирменного стиля: практическое руководство. – Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2021. – 320 с.
4. Никишова, Н. И. Дизайн и брендинг: теории и практики. – М.: Издательство «Экономика», 2021. – 448 с.
5. Назарова, В. А. Тенденции в графическом дизайне XXI века. – М.: Издательство «Юрайт», 2021. – 245 с.
6. Лютик, А. С. Основы графического дизайна. – М.: Издательство «Диалектика», 2020. – 312 с.

7. Котова, И. В. Секреты успешных логотипов: как создать бренд, который запомнится. – М.: Издательство «Бизнес-Пресс», 2020. – 310 с
8. Ребров, А. В. Инструменты графического дизайна в CorelDRAW. – М.: Издательство «Инфра-М», 2020. – 180 с.
9. Грантов, В. В. Графический дизайн: теория и практика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство «Речь», 2019. – 256 с.
10. Ковальчук, А. А. Основы психологии в дизайне логотипов. – М.: Издательство «Просвещение», 2019. – 280 с
11. Чернова, И. Н. Графический дизайн в логотипах и фирменном стиле. – Санкт-Петербург: Издательство «Питер», 2018. – 352 с.
12. Вильчек, А. Л. Брендинг и его влияние на восприятие потребителя. – М.: Издательство «Маркетинг», 2018. – 220 с.
13. Макс, Д. А. Цвет в дизайне: теория и практика. – М.: Издательство «Академия», 2017. – 224 с.
14. Браун, Т. Дизайн и его влияние на восприятие бренда. – 3-е изд. – Лондон: Издательство «Thames & Hudson», 2015. – 220 с.

References

1. Zinov'eva, N. V. Iskusstvennyj intellekt v graficheskom dizajne: vozmozhnosti i perspektivy. – М.: Izdatel'stvo «KnoRus», 2023. – 256 s.
2. Svetlova, I. P. Psihologija vosprijatija tsveta v graficheskom dizajne. – М.: Izdatel'stvo «MediaSfera», 2022. – 192 s.
3. Sidorov, P. N. Razrabotka logotipov i firmennogo stilja: prakticheskoe rukovodstvo. – Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo «Lan'», 2021. – 320 s.
4. Nikishova, N. I. Dizajn i brending: teorii i praktiki. – М.: Izdatel'stvo «`Ekonomika», 2021. – 448 s.
5. Nazarova, V. A. Tendentsii v graficheskom dizajne XXI veka. – М.: Izdatel'stvo «Jurajt», 2021. – 245 s.
6. Ljutik, A. S. Osnovy graficheskogo dizajna. – М.: Izdatel'stvo «Dialektika», 2020. – 312 s.
7. Kotova, I. V. Sekrety uspešnyh logotipov: kak sozdat' brend, kotoryj zapomnitsja. – М.: Izdatel'stvo «Biznes-Press», 2020. – 310 s
8. Rebrov, A. V. Instrumenty graficheskogo dizajna v CorelDRAW. – М.: Izdatel'stvo «Infra-M», 2020. – 180 s.
9. Grantov, V. V. Graficheskij dizajn: teorija i praktika. – 2-e izd., pererab. i dop. – М.: Izdatel'stvo «Rech'», 2019. – 256 s.
10. Koval'chuk, A. A. Osnovy psihologii v dizajne logotipov. – М.: Izdatel'stvo «Prosveschenie», 2019. – 280 s
11. Chernova, I. N. Graficheskij dizajn v logotipah i firmennom stile. – Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo «Piter», 2018. – 352 s.
12. Vil'chek, A. L. Brending i ego vlijanie na vosprijatie potrebitelja. – М.: Izdatel'stvo «Marketing», 2018. – 220 s.
13. Maks, D. A. Tsvet v dizajne: teorija i praktika. – М.: Izdatel'stvo «Akademija», 2017. – 224 s.
14. Brajan, T. Dizajn i ego vlijanie na vosprijatie brenda. – 3-e izd. – London: Izdatel'stvo «Thames & Hudson», 2015. – 220 s.

УДК 629.3.017(004.8)

М.А. Горелов¹, В.И. Пименов²

¹Псковский государственный университет
180000, Псков, пл. Ленина, 2

²Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

РОЛЬ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ РЕСУРСА ЭЛЕМЕНТОВ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

© М.А. Горелов, В.И. Пименов, 2026

В статье диагностическая информация рассматривается как объект системного анализа при оценке ресурса элементов городских автобусов. Показано, что в условиях неоднородной маршрутной и нагрузочной эксплуатации регламентный межсервисный интервал в недостаточной мере отражает реальную скорость выработки ресурса узлов и агрегатов. Уточнена роль диагностики как этапа обработки информации, который обеспечивает переход от наблюдений и измерений к оценке текущего состояния, определению темпа деградации и выбору решения о сроке и составе технического обслуживания. Предложена формализация входных диагностических и эксплуатационных данных и приведено обоснование их использования в задаче планирования технических воздействий по фактическому состоянию городского автобуса.

Ключевые слова: городские автобусы, диагностическая информация, оценка ресурса, техническое обслуживание, обработка информации, техническое состояние, прогнозирование обслуживания.

M.A. Gorelov¹, V.I. Pimenov²

¹Pskov State University
180000, Pskov, sq. Lenin, 2

²Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DIAGNOSTIC INFORMATION IN ESTIMATING THE SERVICE LIFE OF URBAN BUS COMPONENTS

The paper considers diagnostic information as an object of systems analysis in estimating the service life of urban bus components. Under heterogeneous route and load conditions, a fixed service interval insufficiently reflect the actual rate of wear of units and assemblies. Diagnostics is specified as an information-processing stage that links observations and measurements with condition assessment, degradation-rate estimation and decisions on the timing and scope of maintenance. A formalization of input diagnostic and operational data is proposed and a justification for their use in the task of planning technical impacts based on the actual condition of urban bus is provided.

Keywords: urban buses, diagnostic information, resource estimation, maintenance, information processing, technical condition, maintenance forecasting.

Введение. В действующей практике эксплуатации автобусного парка периодичность технического обслуживания чаще всего задаётся нормативной наработкой, календарным интервалом либо их сочетанием. Такой подход технологически удобен, поскольку позволяет заранее формировать график постановки городских автобусов в ремонтно-обслуживающую зону, оценивать потребность в персонале и запасных частях, а также поддерживать управляемость производственного процесса. Однако единый регламент применяется к подвижному составу, который работает в существенно различающихся условиях: городские автобусы одного предприятия могут эксплуатироваться на маршрутах с неодинаковой длиной перегонов, частотой остановок, интенсивностью движения, продолжительностью холостого хода, уровнем пассажирской загрузки и качеством дорожного покрытия. В результате фактическая скорость выработки ресурса однотипных элементов оказывается различной, а единый межсервисный интервал начинает отражать не реальное состояние объекта, а усреднённую схему его эксплуатации [1].

В этой ситуации диагностирование целесообразно рассматривать не только как процедуру выявления уже возникшей неисправности, но и как самостоятельный этап обработки информации, необходимый для оценки ресурса элементов городских автобусов. Его функция состоит в преобразовании разрозненных наблюдений о работе объекта в данные, пригодные для анализа, интерпретации и последующего принятия решения. Иными словами, диагностика связывает эксплуатационные факторы, измеряемые параметры состояния и историю функционирования городского автобуса с оценкой степени износа конкретных узлов. Подобное понимание переводит диагностику из вспомогательного средства контроля в составную часть информационного контура управления техническим состоянием и подготовки решений по техническому обслуживанию [2].

Постановка задачи оценки ресурса как задачи системного анализа. Рассматривается городской автобус b из множества B и элемент e из множества E , для которых в момент времени t доступны эксплуатационные факторы $X_b(t)$, диагностические признаки $Z_{be}(t)$, история ранее выполненных воздействий $H_{be}(t)$ и совокупность производственных ограничений $\Omega(t)$, характеризующих режим работы депо. Требуется по этой совокупности неоднородных данных сформировать решение $Y_{be}(t)$, включающее в себя оценку допустимого горизонта безопасной работы элемента, рекомендуемый момент постановки городского автобуса на обслуживание и состав технического воздействия. Тем самым задача оценки ресурса формулируется не как изолированная проверка одного параметра, а как задача преобразования разнородной информации в управленческое решение.

В отличие от регламентного подхода, в такой постановке задачи решение определяется не только нормативной наработкой, но и качеством диагностических наблюдений, режимом эксплуатации и историей деградации конкретного элемента. Дальнейшая конкретизация постановки задачи в данной статье выполняется посредством выражений (1) и (2), описывающих условия эксплуатации городского автобуса и оценку остаточного ресурса элемента. Это позволяет рассматривать диагностику как центральный блок алгоритма принятия решений, а не как вспомогательное приложение к ремонту.

Свойства диагностических данных автобусного парка. Сложность рассматриваемой задачи определяется, прежде всего, характером самих диагностических данных. В автобусном парке часть параметров измеряется регулярно и имеет количественную форму, например пробег между воздействиями, толщина тормозных накладок, значения давления, температуры, вибрации или люфтов. Другая часть параметров фиксируется эпизодически при осмотрах, ремонтах и обращениях водителей и носит описательный либо экспертный характер. Для одних элементов доступны прямые признаки деградации, для других — приходится использовать косвенные показатели, по которым состояние оценивается вероятностно. Кроме того, диагностические данные неоднородны по точности, могут содержать пропуски и формируются с различной периодичностью. Следовательно, сама по себе регистрация параметров ещё не обеспечивает возможности обоснованно назначить срок обслуживания, необходим этап отбора, сопоставления и интерпретации диагностических и эксплуатационных признаков [3].

Неоднородность данных имеет и организационное измерение. Информация о состоянии городского автобуса поступает из разных источников: результатов регламентных осмотров, показаний бортовых систем, телематических журналов, заявок водителей, ведомостей ремонта и карт выполненных технических воздействий. Эти данные различаются по временным интервалам, полноте, уровню детализации и достоверности. В одних случаях параметры фиксируются автоматически и имеют численное выражение, в других — отражают экспертное мнение специалиста о характере износа или аномального поведения узла. Поэтому задача диагностики включает не только измерение, но и приведение разнотипных сведений к форме, пригодной для последующей аналитической интерпретации.

Для городского автобуса указанная проблема особенно важна, поскольку различные системы по-разному реагируют на условия эксплуатации. Для тормозных механизмов определяющими являются частота торможений, профиль маршрута и фактическая масса городского автобуса. Для двигателя и его систем существенны продолжительность работы на холостом ходу, температурный режим и неравномерность нагрузки. Для подвески, шин и рулевого управления решающее значение имеют качество дорожного покрытия, динамические удары и боковые нагрузки. Для дверных механизмов и электрооборудования важны число циклов срабатывания, влажность и сезонные воздействия. Следовательно, задача оценки ресурса должна основываться не по единому формальному интервалу, а по совокупности диагностических и эксплуатационных признаков, связанных с конкретной системой и конкретным режимом работы городского автобуса [4].

Для формализованного учёта условий эксплуатации $X_b(t)$ городского автобуса b можно ввести следующий вектор факторов:

$$X_b(t) = \{L_b(t), I_b(t), T_b(t), Q_b(t), \Theta_b(t), R_b(t)\}, \quad (1)$$

где: $L_b(t)$ – накопленная наработка; $I_b(t)$ – интенсивность остановочно-пусковых режимов; $T_b(t)$ – время работы на холостом ходу; $Q_b(t)$ – средняя загрузка; $\Theta_b(t)$ – температурный режим; $R_b(t)$ – интегральная характеристика дорожных и сезонных воздействий. Выражение (1) позволяет связать диагностические признаки конкретного элемента с режимом эксплуатации городского автобуса.

Функции диагностирования при оценке ресурса. В информационном отношении диагностирование при оценке ресурса выполняет, по меньшей мере, три взаимосвязанные функции. Первая функция связана с выявлением фактических отклонений и определением необходимости немедленного вмешательства, когда продолжение эксплуатации становится рискованным. Вторая функция состоит в уточнении текущего состояния элемента и скорости выработки его ресурса на основе совокупности прямых и косвенных признаков. Третья функция заключается в формировании входной информационной базы для планирования технического воздействия: именно диагностические данные позволяют понять, какие элементы приближаются к предельному состоянию, какие работы могут быть объединены в одно техническое окно, а какие следует перенести на следующий цикл обслуживания.

Важно подчеркнуть, что указанные функции не сводятся к технической регистрации признаков. Диагностическая процедура должна учитывать контекст появления каждого параметра: режим эксплуатации, историю предыдущих воздействий, момент измерения, условия маршрута и влияние связанных систем. Например, одна и та же величина износа тормозного элемента может иметь различный смысл для городских автобусов, работающих на маршрутах с большой долей остановочно-пусковых режимов и на маршрутах с длинными перегонами. Следовательно, интерпретация диагностических сведений требует учёта объекта в динамике его эксплуатации, а не только фиксации разового значения параметра.

Именно поэтому диагностирование следует включать в более широкий контур принятия решений. Если при традиционном регламентном обслуживании момент постановки городского автобуса на техническое обслуживание определяется, прежде всего, нормативной наработкой, то при информационно ориентированном подходе решение формируется на основе связи «эксплуатационные данные — диагностические признаки — оценка состояния — вывод о допустимом горизонте работы». Такой контур позволяет перейти от усреднённого межсервисного интервала к адресной оценке потребности в техническом воздействии для конкретного городского автобуса и конкретного набора элементов.

Тогда оценку остаточного ресурса $R_{be}(t)$ элемента e городского автобуса b можно представить через функциональную зависимость $F_e()$:

$$R_{be}(t) = F_e(Z_{be}(t), X_b(t), H_{be}(t)), \quad (2)$$

где: $Z_{be}(t)$ – вектор диагностических признаков; $X_b(t)$ – вектор эксплуатационных факторов по выражению (1); $H_{be}(t)$ – история ранее выполненных воздействий. Выражение (2) подчёркивает, что ресурс определяется не одним измерением, а совокупностью диагностической, эксплуатационной и ретроспективной информации.

Диагностика в контуре планирования технического обслуживания. Такой подход имеет принципиальное значение для перехода от жёстко регламентного обслуживания к адресному планированию технических воздействий. При обслуживании только по нормативной наработке часть операций выполняется преждевременно, когда элемент ещё сохраняет работоспособность, а часть — с запаздыванием, что повышает вероятность отказа и внепланового простоя. Обслуживание по техническому состоянию частично снимает указанное противоречие, но само по себе не решает задачу согласования нескольких операций по срокам, трудоёмкости и технологической совместимости. Поэтому диагностическая информация должна использоваться в более широком контуре принятия решений, где текущая оценка состояния дополняется прогнозом допустимого горизонта безопасной работы и учётом производственных ограничений депо.

Практический смысл включения диагностики в контур обработки информации состоит в том, что решение о сроке обслуживания начинает формироваться не по одному локальному признаку, а по интегрированной картине состояния городского автобуса. На первом этапе собираются данные о пробеге, маршрутах, режимах движения, замечаниях водителя, результатах осмотров и ранее выполненных технических воздействиях. На втором этапе из этих сведений формируются признаки, характеризующие условия эксплуатации и текущую степень деградации элементов. Далее полученная информация используется для оценки допустимого горизонта безопасной работы и выбора рационального момента постановки городского автобуса на обслуживание. Наконец, на заключительном этапе определяется состав операций, целесообразных для выполнения в конкретном техническом окне. Таким образом, диагностирование становится переходным звеном между наблюдением и планированием: без него невозможны ни корректный прогноз ресурса, ни обоснованное формирование состава технических воздействий.

Для системы технической эксплуатации автобусного парка это означает, что диагностические данные следует рассматривать не как вторичное приложение к ремонту, а как самостоятельный ресурс

управления. Их ценность определяется не только точностью отдельных измерений, но и способностью обеспечить связность между наблюдаемыми признаками, историей воздействий, условиями маршрута и производственными возможностями предприятия. С позиций системного анализа диагностирование должно быть встроено в общий контур «наблюдение — интерпретация — оценка состояния — прогноз — решение». Только в этом случае данные осмотров, измерений и эксплуатационных наблюдений могут быть преобразованы в информацию, пригодную для обоснованного назначения срока обслуживания и состава работ.

Особое значение имеет вопрос учёта неопределённости. В реальных условиях часть диагностических сведений отсутствует, часть обновляется с опозданием, а часть имеет различную степень достоверности. Это означает, что процедуры оценки ресурса должны учитывать не только сами значения параметров, но и качество источника данных, частоту наблюдения, интервал между измерениями и согласованность с историей функционирования элемента. Игнорирование этих обстоятельств ведёт к формальному использованию диагностики и снижает её управленческую ценность. Напротив, явное включение неопределённости в процесс интерпретации позволяет повысить обоснованность решений о сроке технического воздействия.

Алгоритмическая последовательность обработки диагностической информации. В алгоритмическом плане обработка диагностической информации включает несколько последовательных стадий: сбор и синхронизацию данных из разнородных источников; контроль полноты и достоверности наблюдений; формирование признаков, характеризующих условия эксплуатации и степень деградации; оценку текущего состояния и остаточного ресурса элемента; выбор допустимого технического окна с учётом производственных ограничений депо; формирование рекомендуемого состава операций технического обслуживания. Такая последовательность подчёркивает, что практическая ценность диагностики определяется не объёмом измерений как таковых, а качеством их алгоритмической интерпретации [5].

Практические следствия для организации диагностики. С практической точки зрения переход к рассмотрению диагностирования как этапа обработки информации требует изменения самой логики сбора и использования данных в депо. Необходимо обеспечивать сопоставимость результатов осмотров, единство правил фиксации замечаний, преемственность между регистрацией параметров и картой выполненных работ, а также возможность проследить изменение состояния элемента во времени. Без такой организационной основы даже качественные измерения теряют аналитическую ценность, поскольку не позволяют установить устойчивые связи между условиями эксплуатации и скоростью деградации узлов.

Не менее важно обеспечить связь диагностической информации с производственным планированием. В условиях автобусного предприятия решение о постановке машины на обслуживание определяется не только состоянием одного элемента, но и графиком выпуска подвижного состава, наличием резерва, доступностью постов и запасных частей. Поэтому данные диагностики должны быть представлены в форме, удобной для производственного решения: не только как констатация текущего отклонения, но и как оценка допустимого интервала дальнейшей работы, уровня риска и целесообразности совмещения операций в одном техническом окне. Именно в таком виде диагностическая информация становится инструментом управления, а не только документом технического контроля [6].

Полученные результаты позволяют сформулировать несколько положений, существенных для дальнейшего развития методов обслуживания автобусного парка. Во-первых, диагностирование обосновано как центральный этап обработки информации, а не как вспомогательная процедура контроля. Во-вторых, выделен состав входных данных, необходимых для оценки ресурса: эксплуатационные факторы, диагностические признаки, история технических воздействий и производственные ограничения. В-третьих, показано, что решение о сроке обслуживания должно строиться на совместном учёте оценки состояния, остаточного ресурса и допустимого уровня надёжности, а не на одном регламентном признаке.

С позиций системного анализа это означает переход от локальной диагностики отдельных узлов к формализованной задаче преобразования разнородных данных в производственное решение. Предложенная постановка задачи делает возможным последующий переход к алгоритмизации процедуры: от отбора и нормализации признаков — к оценке ресурса, далее к расчёту допустимого технического окна и выбору состава операций. Тем самым настоящая статья усиливает методическую связь между диагностикой, прогнозированием и планированием технического обслуживания городских автобусов.

Для дальнейших исследований это означает необходимость разработки процедур, позволяющих объединять количественные параметры измерений, экспертные наблюдения и историю технических воздействий в единый набор признаков, пригодных для оценки ресурса. Содержательно такая задача относится к области системного анализа и обработки информации, поскольку требует согласования разнородных источников данных, учёта неполноты наблюдений и формирования правил перехода от

диагностических признаков к практическому решению о сроке технического обслуживания. Тем самым диагностирование становится не завершающей стадией контроля, а исходным звеном в построении адаптивной системы обслуживания автобусного парка.

Заключение. Развитие методов оценки ресурса элементов городских автобусов связано не столько с накоплением всё большего числа диагностических параметров, сколько с повышением качества их интерпретации. На практике это означает необходимость выстраивания процедур отбора признаков, согласования разнотипных данных и учёта неопределённости при принятии решений. Для научной постановки задачи это означает переход от изолированной диагностики отдельных узлов к системному представлению городского автобуса как объекта, техническое состояние которого формируется под воздействием множества эксплуатационных факторов и должно оцениваться в их совокупности.

Проведенный анализ показывает, что диагностирование при оценке ресурса элементов городских автобусов целесообразно рассматривать как центральный этап обработки информации в системе планирования технического обслуживания. Его роль состоит в том, чтобы связывать эксплуатационные данные, результаты измерений, экспертные наблюдения и историю технических воздействий с оценкой текущего состояния и прогнозом допустимого горизонта работы элемента. Такой подход создаёт методическую основу для дальнейшей разработки моделей оценки остаточного ресурса и алгоритмов формирования индивидуального состава операций технического обслуживания автобусного парка.

Таким образом, расширение диагностической подсистемы в современной практике технической эксплуатации должно сопровождаться не только увеличением объёма собираемой информации, но и развитием методов её смысловой обработки. Именно эта задача определяет перспективы перехода от формального контроля исправности к интеллектуально поддерживаемому планированию обслуживания, ориентированному на реальное состояние и условия работы городского автобусного парка.

Список литературы

1. Ahmad R., Kamaruddin S. An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application // *Computers & Industrial Engineering*. 2012. Vol. 63. No. 1. P. 135–149. DOI: 10.1016/j.cie.2012.02.002.
2. Jardine A.K., Lin D., Banjevic D. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance // *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2006. Vol. 20. No. 7. P. 1483–1510. DOI: 10.1016/j.ymssp.2005.09.012.
3. Пеньков Е.А., Калимуллин Р.Ф., Ковриков И.Т. Обоснование разработки комплексного метода диагностирования узлов трансмиссии автомобиля // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2016. № 10-2 (52). С. 104–108. DOI: 10.18454/IRJ.2016.52.167.
4. Explainable AI Using On-Board Diagnostics Data for Urban Buses Maintenance Management: A Study Case / B. Tormos, B. Pla, R. Sanchez-Marquez, J.L. Carballo // *Information*. 2025. Vol. 16. No. 2. Article 74. P. 1–24. DOI: 10.3390/info16020074.
5. Machinery health prognostics: A systematic review from data acquisition to RUL prediction / Y. Lei, N. Li, L. Guo et al. // *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2018. Vol. 104. P. 799–834. DOI: 10.1016/j.ymssp.2017.11.016.
6. Dimensioning reserve bus fleet using life cycle cost models and condition-based/predictive maintenance: a case study / H. Raposo, J. Torres Farinha, L. Ferreira, D. Galar // *Public Transport*. 2018. Vol. 10. P. 169–190. DOI: 10.1007/s12469-017-0167-x.

References

1. Ahmad R., Kamaruddin S. An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application // *Computers & Industrial Engineering*. 2012. Vol. 63. No. 1. P. 135–149. DOI: 10.1016/j.cie.2012.02.002.
2. Jardine A.K., Lin D., Banjevic D. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance // *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2006. Vol. 20. No. 7. P. 1483–1510. DOI: 10.1016/j.ymssp.2005.09.012.
3. Penkov E.A., Kalimullin R.F., Kovrikov I.T. Obosnovanie razrabotki kompleksnogo metoda diagnostirovaniya uzlov transmissii avtomobilya [Substantiation of the development of a comprehensive method for diagnosing vehicle transmission units]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Research Journal]. 2016. No. 10-2 (52). 104–108 pp. DOI: 10.18454/IRJ.2016.52.167. (in Rus.).
4. Explainable AI Using On-Board Diagnostics Data for Urban Buses Maintenance Management: A Study Case / B. Tormos, B. Pla, R. Sanchez-Marquez, J.L. Carballo // *Information*. 2025. Vol. 16. No. 2. Article 74. P. 1–24. DOI: 10.3390/info16020074.

10.3390/info16020074.

5. Machinery health prognostics: A systematic review from data acquisition to RUL prediction / Y. Lei, N. Li, L. Guo et al. // *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2018. Vol. 104. P. 799–834. DOI: 10.1016/j.ymssp.2017.11.016.

6. Dimensioning reserve bus fleet using life cycle cost models and condition-based/predictive maintenance: a case study / H. Raposo, J. Torres Farinha, L. Ferreira, D. Galar // *Public Transport*. 2018. Vol. 10. P. 169–190. DOI: 10.1007/s12469-017-0167-x.

УДК 004.942 (004.67)

С.И. Давыдова, И.А. Небаев, Т.А. Кравец

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ИНДИКАТОРОВ БИЗНЕС-ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДАННЫХ ПРИКЛАДНОЙ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

© С.И. Давыдова, И.А. Небаев, Т.А. Кравец, 2026

В статье рассматривается процесс построения имитационной модели для поиска эффективной организации обслуживания автомобилей на топливной автозаправочной станции. По результатам моделирования предлагается решение, учитывающее количество автозаправочных линий для обслуживания заданного потока автомобилей в зависимости от вида транспорта и типа топлива.

Ключевые слова: программный продукт *Anylogic*, имитационное моделирование, оптимизация работы, АЗС, процесс обслуживания, системы массового обслуживания.

S.I. Davydova, I.A. Nebaev, T.A. Kravec

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

FORECASTING KEY BUSINESS PERFORMANCE INDICATORS BASED ON MODELING APPLIED QUEUE SERVICE SYSTEM DATA

This article examines the process of constructing a simulation model to find an efficient way to service vehicles at a fuel station. Based on the simulation results, a solution is proposed that takes into account the number of fueling lanes required to service a given vehicle flow, depending on the vehicle type and fuel type.

Keywords: Anylogic software, simulation modeling, optimization, gas stations, service process, queuing systems.

Введение. Владение топливно-заправочной станцией АЗС представляет собой востребованный и стратегически важный сектор экономики и бизнеса, который имеет особую ценность в рамках сырьевой и обрабатывающей экономики России. Этот бизнес отличается высоким уровнем конкуренции, поэтому среди участников рынка популярны различные инструменты, и в частности, франчайзинг, т. е. работа под сторонним брендом (Лукойл и т. д.). Согласно статистике, автомобилизация находится на уровне 54–67 % работоспособного населения РФ [1], что позволяет крупным игрокам рассчитывать на существенную прибыль. С другой стороны, частой причиной закрытия частных франчайзинговых АЗС становится нерентабельности, т.е. рост оптовых цен выше розничных [2].

В данной статье рассматривается исследование процесса обслуживания потока транспортных средств (ТС) на топливно-заправочной станции (АЗС) методом имитационного моделирования для расчета основных параметров функционирования АЗС и оценки ее экономической эффективности. Для построения модели использован программный продукт *AnyLogic* (вер. 7).

Условия и задачи моделирования. Условимся, что моделируемая станция должна осуществлять круглосуточное обслуживание как легковых автомобилей, так и крупногабаритного транспорта (грузовых ТС), т. о. необходимо создать универсальную АЗС, предоставляющую выбор различного вида топлива и наличие отдельных очередей для каждой топливозаправочной линии. Необходимо рассчитать прибыль станции с учетом затрат на закупку топлива, прибыль каждой отдельной линии, а также среднее время, проведенное за станции АЗС.

Разработка логики модели. Разрабатываемая модель имеет 5 заправочных линий («колонок») – это бензиновое топливо октанового уровня 92, 95, 98 и 100, а также дизельное топливо (ДТ) для грузового ТС. Одна линия может обслужить одно ТС, остальные помещаются в очередь с ожиданием. Моделируемые ТС выбирают заправочную линию, согласно распределению вероятности посещения, приведенной в табл. 1, и полученной на основе данных приближенных к реальным [2, 3].

Таблица 1. Распределение автомобилей на станции АЗС по типу топлива

Топливо	Доля автомобилей
92	0,225
95	0,4
98	0,275
100	0,05
ДТ	0,05

Время заправки описывается треугольным распределением: на линиях 92, 95, 98, 100 - 5, 7, 10; на ДТ - 13, 15, 17. Такое распределение объясняется тем, что легковые ТС имеют значительно меньший размер заправочного бака чем грузовой автомобиль.

Согласно логике модели, ТС заезжая на станцию АЗС, выбирает необходимое топливо (линию, трейс) и направляется в сторону заданной топливо-заправочной колонки. Далее начинается процесс заправки, который запускает таймер времени обслуживания. По завершению заправки (оплаты и т.д.) таймер времени обслуживания обнуляется и станция переходит в режим ожидания поступления следующего ТС из очереди. Линии заправки легковых и грузовых ТС функционируют аналогично. Общая схема модели в главном окне программы *AnyLogic* представлена на рис. 1.

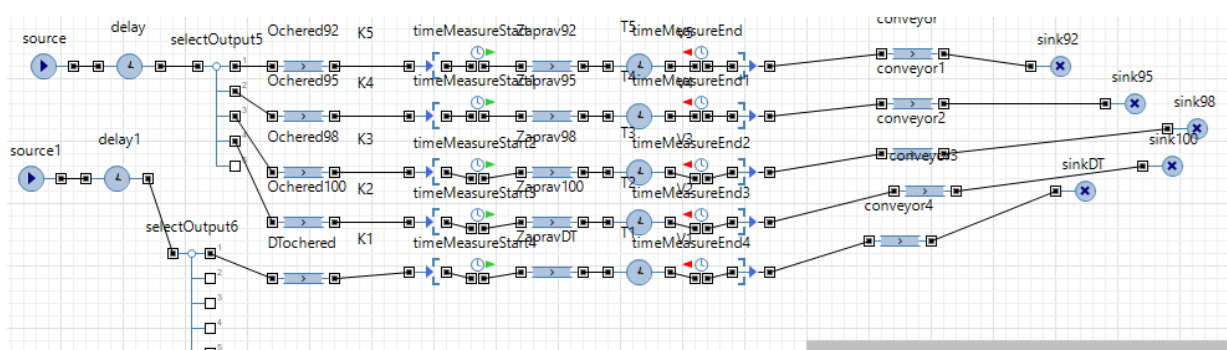
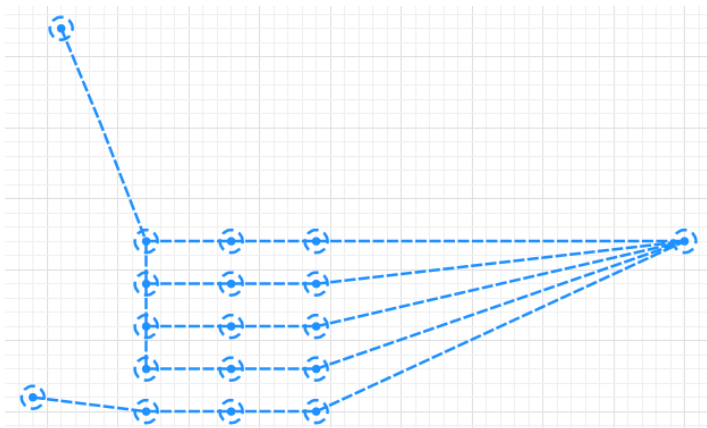


Рис. 1. Модель обслуживания автомобилей на станции АЗС

Появление заявки легковых автомобиля моделируется объектом *Source*, в котором задается интенсивность прибытия ТС (по исходным условиям $0,2/мин.$). Поток грузовых автомобилей моделируется объектом *Source1*, с интенсивностью прибытия $0,01/мин.$ Задержка по пути следования автомобиля до заправки моделируется объектом *Delay(X)*, который позволяет регулировать пропускную способность АЗС. Выбор заправочной линии моделируется через объект *SelectOutput5* (распределение по вероятности для легкового автомобиля) и объект *SelectOutput6* (распределение по вероятности для грузового автомобиля). Продвигаясь по линии ТС попадает в объект очередь *Ochered(X)*. Если линия свободна, ТС продолжает путь и начинается процесс заправки, моделируемый группой объектов *RestrictedAreaStart (K(X))* на рис. 1). Одновременно с этим запускается таймер *TimeMeasureStart*, который определяет начало время обслуживания, после чего ТС продолжает движение по линии *Zaprav(X)*. Задержка заправки (время заправки) регулируется объектом *Delay (T(X))* на рис. 1). Объект таймера *TimeMeasureEnd* фиксирует время окончания заправки, и ТС продвигается по линии на выход из группы *RestrictedAreaEnd*. На последнем этапе моделирования, ТС двигается до объекта *Conveyor* и уничтожается элементом *Sink(X)* [4, 5]. Скорость на всем продолжении пути составляет $20 км/час$. В целях демонстрации, на рис. 2 изображен путь (трейс) ТС по описанной выше логике поведения модели.



Для анализа процесса работоспособности станции АЗС разработана трехмерная презентация (рис. 3), которая служит целям визуализации процесса работы АЗС в режиме реального времени.

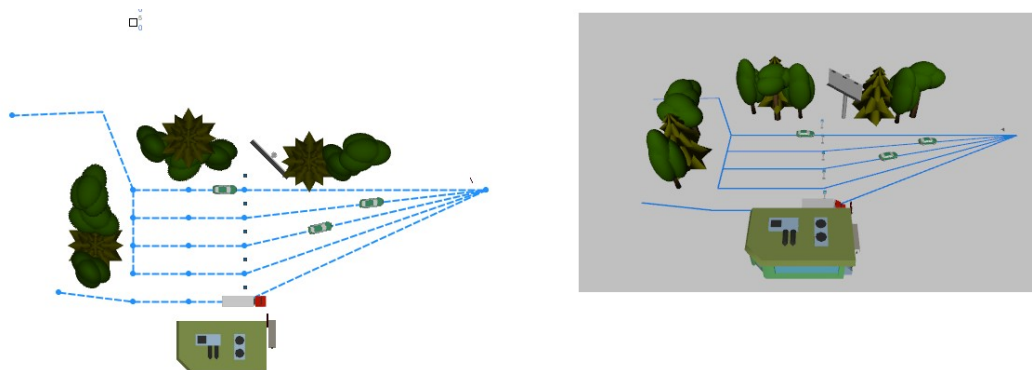


Рис. 3. Презентация процесса обслуживания ТС на АЗС

Для сбора статистики в ходе процесса моделирования работы АЗС и интерактивной визуализации в модель были добавлены некоторые объекты:

1. Круговая диаграмма (рис. 4) для отображения общего количества обслуженных ТС.

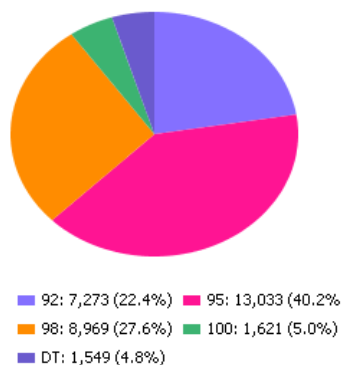


Рис. 4. Интерактивная круговая диаграмма общего количества заправленных ТС по типу топлива

2. Столбцовая диаграмма (рис. 5) для отображения суммарной прибыли и дохода от каждой отдельной топливозаправочной линии.

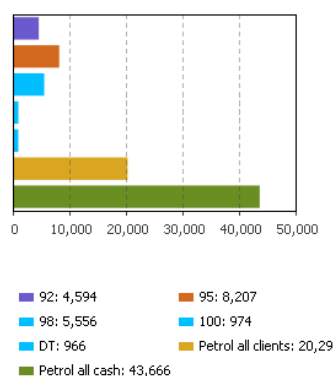


Рис. 5. Интерактивная столбцовая диаграмма прибыли

3. Гистограмма (рис. 6) для отображения времени, затраченного на заправку ТС.

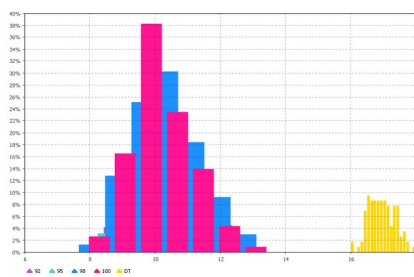


Рис. 6. Интерактивная гистограмма времени, затрачиваемого на обслуживание ТС

Моделирование и прогнозирование. Процесс моделирования сопровождался изменением параметров загрузки (интенсивности), стоимости топлива и времени заправки на АЗС. Ниже представлены входные и выходные параметры процесса моделирования для заправки 1-ого уровня (табл. 2).

Таблица 2. Входные параметры для заправки первого уровня

Название параметра	Обозначение параметра					Значение					Единица измерения
Входные параметры											
Интен-сть прибытия	Легковой			Грузовой		Легковой		Грузовой			маш./час
	<i>Car_q</i>			<i>Furi_f</i>		0,5–0,1		0,1–0,5			
Стоимость топлива	92	95	98	100	ДТ	92	95	98	100	ДТ	руб./маш
	<i>sink₂⁹</i>	<i>sink₅⁹⁵</i>	<i>sink₈⁹⁸</i>	<i>sink₀¹⁰</i>	<i>sink_T^D</i>	0,31	0,35	0,44	0,49	0,47	
Стоимость обслуж. колонки	<i>C</i>					85,61					руб./шт
Время заправки	Легковой			Грузовой		Легковой		Грузовой			сек
	<i>TC</i>			<i>TF</i>		8–12		15–20			
Выходные параметры											
Название параметра	Обозначение параметра					Значение					Единица измерения
Количество автомобилей	Легковой			Грузовой		Моделируемый параметр					шт
	<i>NC</i>			<i>NG</i>							
Продано топливо	$sinkT = sink_{92} * 0,31 + sink_{95} * 0,35 + sink_{98} * 0,44 + sink_{100} * 0,49 + sink_{DT} * 0,47$					Расчетный параметр					тыс. руб.
Время заправки (самое быстрое)	92	95	98	100	ДТ	Моделируемый параметр					сек
	<i>TC₂⁹²</i>	<i>TC₅⁹⁵</i>	<i>TC₈⁹⁸</i>	<i>TC₁₀₀¹⁰⁰</i>	<i>TFDT</i>						
Прибыль	$P = sinkT - C * 5$					Расчетный параметр					тыс. руб

На уровне 2 модель расширяется объектом «заправщик» (табл. 3).

Таблица 3. Входные параметры для заправки второго уровня

Название параметра	Обозначение параметра					Значение					Единица измерения
Входные параметры											
Интен-сть прибытия автомобилей	Легковой			Грузовой		Легковой			Грузовой		маш./час
	<i>Car_q</i>			<i>Furi_f</i>		0,1–0,2			0,2–0,1		
Стоимость топлива	92	95	98	100	ДТ	92	95	98	100	ДТ	руб./маш
	<i>sink9</i> ₂	<i>sink9</i> ₅	<i>sink9</i> ₈	<i>sink10</i> ₀	<i>sinkD</i> _T	0,7	0,73	0,88	1,1	0,94	
Стоимость обслуживания колонки	C					85,61					руб./шт
Размер заработной платы заправщика	W					160					руб.
Время заправки	Легковой			Грузовой		Легковой			Грузовой		сек
	<i>TC</i>			<i>TF</i>		4-9			12-16		
Выходные параметры											
Название параметра	Обозначение параметра					Значение					Единица измерения
Количество автомобилей	Легковой			Грузовой		Моделируемый параметр					шт
	<i>NC</i>			<i>NG</i>							
Продано топливо	$sinkT = sink92*0,7 + sink95*0,73 + sink98*0,78 + sink100*0,8 + sinkDT*0,84$					Расчетный параметр					тыс. руб.
Время заправки (самое быстрое)	92	95	98	100	ДТ	Моделируемый параметр					сек
	<i>TC92</i>	<i>TC95</i>	<i>TC98</i>	<i>TC100</i>	<i>TFDT</i>						
Затрачено средств	$E = C*5 + W*5$										
Прибыль	$P = sinkT - E$					Расчетный параметр					тыс. руб.

Результаты моделирования процесса обслуживания автомобилей на АЗС, в зависимости от всех перечисленных параметров модели (стоимости топлива, наличия заправщика, интенсивности поступления ТС и т. д.) в течение первых пяти месяцев, представлены в табл. 4 и на графиках рис. 7-8.

Таблица 4. Результаты моделирования процесса обслуживания автомобилей на АЗС

№	Интенсивность		Обслужено	Выручка	Упущенная прибыль	Затраты	Прибыль
	Легковой	Грузовой					
1-й уровень	1	0,5	12966	5107.08	7149.912	428.05	5021.47
	2	0,4	12686	4976.64	6967.296	428.05	4891.03
	3	0,3	12664	4973.97	6963.558	428.05	4888.36
	4	0,2	11599	4581.76	6414.464	428.05	4493.15
	5	0,1	7379	2941.75	4118.45	1228.05	2853.14
2-й уровень	1	0,2	11476	8758.38	14889.246	1228.05	7530.33
	2	0,175	10587	8105.46	13779.282	1228.05	6877.41
	3	0,150	9795	7539.26	12816.742	1228.05	6311.21
	4	0,125	8770	6779.83	11525.711	1228.05	5551.78
	5	0,1	7015	5457.87	9278.379	1228.05	4247.82

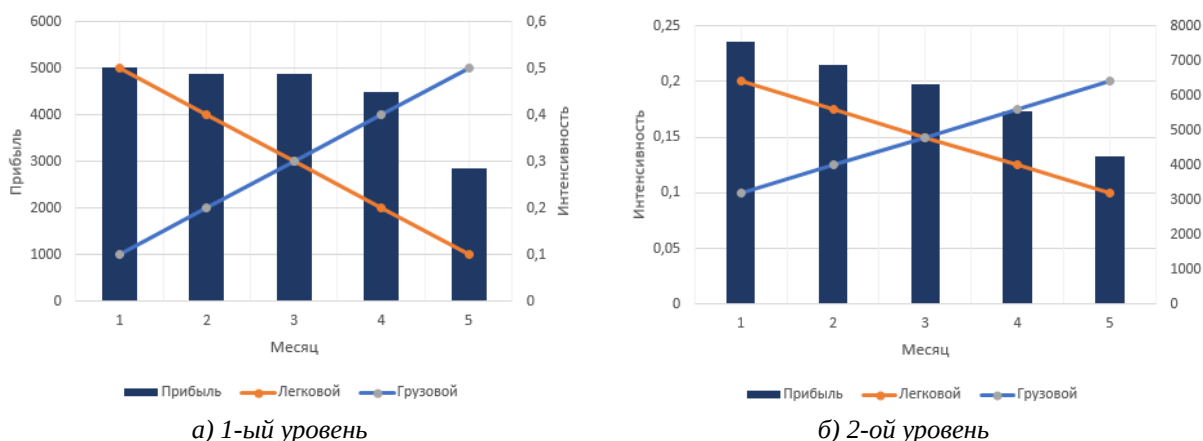


Рис. 7. Графики изменения прибыли АЗС от интенсивности посещения ТС обоих типов

На рис. 7 (а, б) представлены графики изменения прибыли АЗС от интенсивности посещения ТС обоих типов (легковые и грузовые) для двух уровней. Из графиков обоих уровней видно, что по результатам моделирования, интенсивность посещения легковых ТС в течение пяти месяцев снижается с 0.5 до 0.1, т. е. загруженность АЗС снижается с 50% до 10% (по легковым видам топлива). Для грузового ТС наблюдается обратная картина – интенсивность посещения повышается с 0.1 до 0.5, что также выражается в росте загруженности грузовой линии АЗС с 10% до 50%. При этом, как отмечено на графике (1-ый уровень), возникает пересечение интенсивности посещения грузовых и легковых ТС при значении 0.3 (загруженность АЗС по каждому типу топлива 30%). Для 2-ого уровня эта величина составляет 0.15, т. е. при загруженности АЗС по каждому типу топлива 15%.

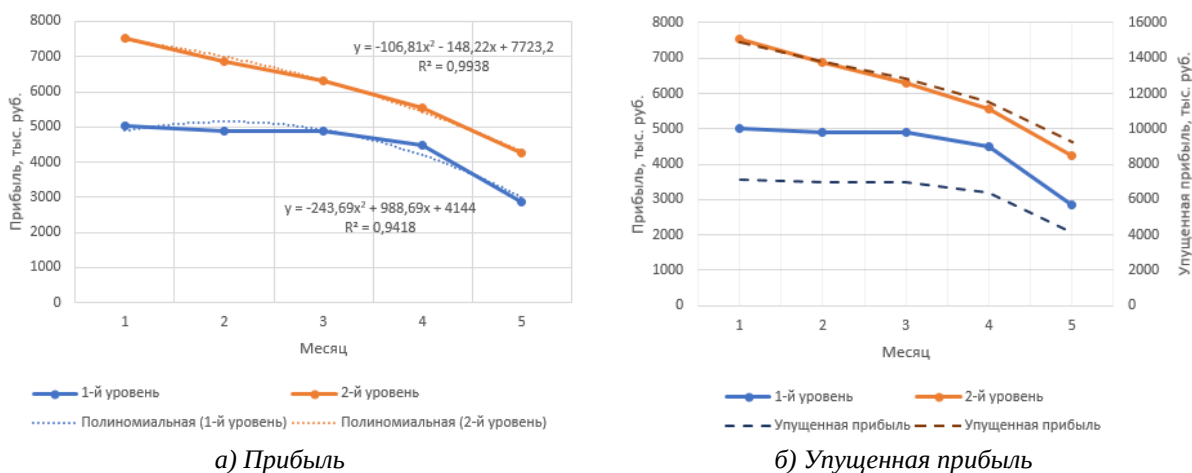


Рис. 8. Графики изменения прибыли АЗС по месяцам

На рис. 8 (а) представлены графики изменения прибыли АЗС по месяцам для первого и второго уровней. Графики показывают падение прибыли по обоим видам топлива. Для прогнозирования поведения модели прибыли АЗС на графиках также построена и отмечена линия тренда (регрессия полиномом второй степени), и представлены уравнения регрессии с величиной отклонения (R^2) линии тренда от значений, полученных с помощью моделирования.

На рис. 8 (б) изображены графики прибыли АЗС в сравнении с уровнем упущенной прибыли (пунктирная линия) [6]. По виду графиков можно сделать вывод, что уровень упущенной прибыли существенно ниже на 1-ом уровне по сравнению со вторым.

Заключение. Разработанная имитационная модель процесса обслуживания автомобилей на станции АЗС позволяет рассчитать и обосновать основные параметры функционирования АЗС для эффективного построения заправочных линий с учетом интенсивности потока автомобилей, стоимости топлива, время заправки автомобиля, условий для получения максимальной прибыли и оценки уровня упущенной выгоды.

Модель может быть расширена добавлением блоков, имитирующих посещение посетителями станции АЗС магазина, находящегося на территории АЗС и приносящим дополнительную прибыль, а также остановки отдыха для грузовых автомобилей и т. д.

Список литературы

1. Авито-статистика: владение автомобилями. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://www.avito.ru/business/tools/extended_statistics. (дата обращения 15.12.2025)
2. Электронный журнал «Движок»: Рентабельность частных АЗС в России [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://dvizhok.su/business/chastnyie-azs-v-rossii-stali-zakryivatsya-iz-za-nerentabelnosti>. (дата обращения 15.12.2025)
3. АЗС-сервис: прайс-лист [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://azsservis.ru/prajs-list.html> (16.12.2025)
4. Документация *AnyLogic: Conveyor Object* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://anylogic.help/ru/markup/conveyor.html>
5. Документация *AnyLogic: Help* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://anylogic.help/ru/> (дата обращения 16.12.2025).
6. Финансово-экономическая энциклопедия «Сбербанк»: расчет упущенной прибыли [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: https://www.sberbank.com/ru/s_m_business/pro_business/vse_pro_ypychennyu_vigody. (дата обращения 17.12.2025)

References

1. Avito Statistics: Car Ownership. [Electronic resource]. — Access mode: URL: https://www.avito.ru/business/tools/extended_statistics. (Accessed on December 15, 2025)
2. Electronic journal "Dvizhok": Profitability of private gas stations in Russia [Electronic resource]. — Access mode: URL: <https://dvizhok.su/business/chastnyie-azs-v-rossii-stali-zakryivatsya-iz-za-nerentabelnosti>. (Accessed on December 15, 2025)
3. Gas Station Service: Price List [Electronic resource]. — Access mode: URL: <https://azsservis.ru/prajs-list.html> (December 16, 2025)
4. AnyLogic Documentation: Conveyor Object [Electronic resource]. — Access mode: URL: <https://anylogic.help/ru/markup/conveyor.html>
5. AnyLogic Documentation: Help [Electronic resource]. — Access mode: URL: <https://anylogic.help/ru/> (date of access 12/16/2025).
6. Financial and Economic Encyclopedia "Sberbank": Calculation of Lost Profits [Electronic resource]. - Access mode: URL: https://www.sberbank.com/ru/s_m_business/pro_business/vse_pro_ypychennyu_vigody. (date of access 12/17/2025)

Е.Ю. Евдокимова, Е.В.Кулеева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОНЛАЙН ОБРАЗОВАНИЯ «СОВИУМ» НА БАЗЕ МЕССЕНДЖЕРА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

© Е.Ю. Евдокимова, Е.В. Кулеева, 2026

На сегодняшний день цифровая трансформация образования является стратегическим приоритетом государственной политики Российской Федерации. Несмотря на масштабную поддержку нацпроекта «Образование», около 70% отечественных школ нуждаются во внедрении доступных и легковесных онлайн-платформ. Существующие решения перегружены функционалом и недоступны при низкой скорости интернета, что усугубляет образовательное неравенство между регионами. В данной статье описана концепция, архитектура и результаты апробации информационной системы «СОВИУМ», реализованной в формате Telegram-бота. Ключевыми особенностями системы являются: наличие верифицированной базы преподавателей, формирующих контент; инструменты для педагогов по назначению материалов ученикам; алгоритмизированная система оценки знаний с порогом освоения 70%; а также модульная архитектура, обеспечивающая возможность миграции на отечественные платформы при изменении регуляторной среды.

Ключевые слова: информационная система, онлайн-образование, Telegram-бот, цифровая трансформация, микрообучение, EdTech, цифровая образовательная среда.

E.Y. Evdokimova, E.V. Kuleeva

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF THE «SOVIUM» ONLINE EDUCATION INFORMATION SYSTEM BASED ON A MESSENGER FOR SUPPORTING THE DIGITAL TRANSFORMATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS

Today, the digital transformation of education is a strategic priority of the state policy of the Russian Federation. Despite large-scale support from the national project «Education», about 70% of Russian schools need to implement accessible and lightweight online platforms. Existing solutions are overloaded with functionality and inaccessible at low internet speeds, which exacerbates educational inequality between regions. This article describes the concept, architecture and approbation results of the «SOVIUM» information system implemented as a Telegram bot. The key features of the system are: a verified base of teachers who form the content; tools for teachers to assign materials to students; an algorithmized knowledge assessment system with a mastery threshold of 70%; and a modular architecture that allows migration to domestic platforms if the regulatory environment changes.

Keywords: information system, online education, Telegram bot, digital transformation, microlearning, EdTech, digital educational environment.

Введение. Цифровая трансформация образовательной среды выступает стратегическим приоритетом государственной политики Российской Федерации. Согласно Указу Президента РФ № 474, одной из национальных целей развития страны до 2030 года является вхождение в десятку ведущих стран мира по качеству общего образования [1]. Достижение данного показателя связано с реализацией федерального проекта «Цифровая образовательная среда» в рамках нацпроекта «Образование» [2].

Несмотря на государственную поддержку, около 70% общеобразовательных организаций нуждаются во внедрении адаптивных онлайн-платформ [3]. Пандемия COVID-19 обнажила проблему образовательного неравенства: школьники из сельской местности лишены доступа к качественным репетиторским услугам [4]. Существующие системы управления обучением (LMS) перегружены функционалом и требуют стабильного широкополосного соединения, что ограничивает их применение в регионах.

Большинство образовательных Telegram-ботов являются справочниками без методической структуры и инструментов для педагогов. Это формирует запрос на систему, сочетающую доступность мессенджера с методической строгостью традиционного обучения и поддержкой двустороннего взаимодействия «ученик — учитель» [5].

Концепция. Информационная система «СОВИУМ» разработана как легковесная образовательная экосистема (micro-LMS) на базе мессенджера Telegram. В отличие от существующих аналогов (Учи.ру, Stepik, @MathBot), система ориентирована на трёх участников образовательного процесса: ученика, педагога/репетитора и администратора контента.

Основная цель разработки — обеспечить равный доступ школьников 5–11 классов к структурированным учебным материалам и автоматизированной проверке знаний, одновременно предоставив педагогам удобный инструмент для организации самостоятельной работы учащихся без необходимости осваивать сложные LMS-платформы.

Система предусматривает формирование верифицированной базы преподавателей, которые загружают учебные материалы (видеоуроки и PDF-конспекты) по различным предметам и темам. Учитель получает возможность назначать конкретные темы в качестве домашних заданий и отслеживать прогресс учеников. Пользователю-ученику обеспечивается доступ к полной методической цепочке: «Теория (Видео + Текст) → Закрепление → Тестирование → Оценка» [5].

Данные. Система реализована на базе языка программирования Python с использованием асинхронного фреймворка aiogram и Telegram Bot API. Для хранения данных применяется СУБД SQLite на этапе прототипа с предусмотренной миграцией на PostgreSQL при масштабировании. Учебный контент (видеофайлы, PDF) хранится во внешнем файловом хранилище (Google Drive) с передачей файлов через Telegram Bot API.

Основные сущности базы данных включают: Users (пользователи и роли), Subjects (предметы), Topics (темы), Lessons (уроки с файлами), Questions (банк вопросов), UserProgress (прогресс), TestAttempts (попытки тестирования). Архитектура системы реализована в трёхуровневой модели:

Уровень взаимодействия с пользователем (Telegram Bot API, aiogram).

Уровень бизнес-логики (Python-бэкенд, алгоритмы тестирования и оценки).

Уровень хранения данных (SQLite/PostgreSQL, файловое хранилище).

Принципиальной особенностью является разделение уровней — бизнес-логика системы не зависит от конкретного мессенджера, что обеспечивает возможность миграции на отечественные платформы (например, МАКС) при появлении соответствующих инструментов разработки (SDK, публичного API) [6].

Функциональность. Основные возможности системы включают в себя следующее:

- навигация и выбор контента: пользователь выбирает предмет (математика, русский язык и др.), класс (5–11), тему и конкретный урок; доступ к 2–3 урокам по теме, каждый из которых содержит видеофайл и PDF-конспект;

- выдача учебного материала: бот автоматически отправляет видео и PDF-файл непосредственно в диалог через Telegram API без необходимости перехода по внешним ссылкам;

- система тестирования: по завершении изучения серии уроков активируется тест (10–15 вопросов с вариантами ответов), генерируемый случайным образом из банка заданий;

- автоматизированная оценка: результат рассчитывается по формуле $Score = (correct / total) \times 100$, порог освоения темы принят равным 70%, что соответствует критериям ФГОС [7];

- педагогический контроль: учитель может назначать материалы ученикам, просматривать статистику прохождения и выявлять темы, требующие повторного разбора;

- управление прогрессом: система фиксирует результаты тестов, позволяет повторять уроки и просматривать историю успеваемости.

На рисунке 1 представлена схема алгоритма прохождения темы пользователем.

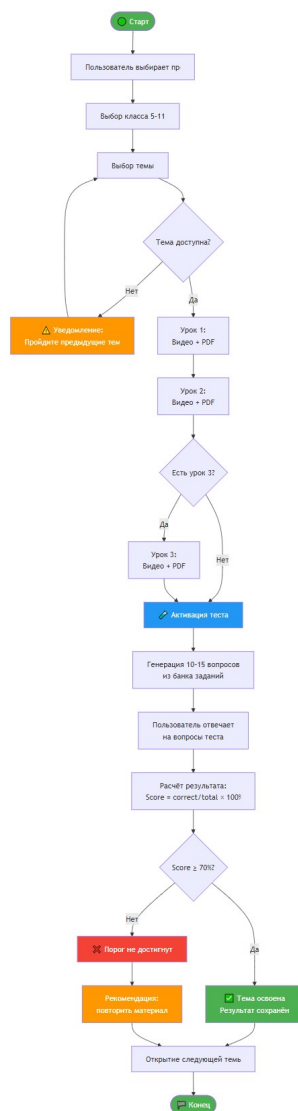


Рис. 1. Блок-схема алгоритма прохождения темы и тестирования в ИС «СОВИУМ»

Статусная схема освоения темы в системе «СОВИУМ» отражает жизненный цикл учебной единицы от выбора пользователем до её фиксации как освоенной. Тема может находиться в следующих состояниях: «Не начата», «Материалы изучаются», «Тест активирован», «Тест пройден ($\geq 70\%$)», «Тест не пройден ($< 70\%$)», «Тема освоена». При результате ниже порога пользователю предлагается повторить материалы и пройти тест повторно с иным набором вопросов из банка заданий.

Используемые решения. При реализации системы используются компоненты, приведённые в таблице 1.

Таблица 1. Компоненты технологического стека ИС «СОВИУМ»

№	Компонент	Описание
1.	Python 3.11 + aiogram	Основной язык и асинхронный фреймворк для разработки бота. Обеспечивает маршрутизацию хендлеров, FSM для сценариев «урок → тест», асинхронную обработку запросов.
2.	Telegram Bot API	Официальный интерфейс взаимодействия с пользователем. Обеспечивает отправку файлов (видео, PDF), inline-кнопки, webhook.
3.	SQLite / PostgreSQL	Реляционная СУБД. Хранит профили пользователей, учебные материалы, банк вопросов, результаты тестирования и прогресс.
4.	Файловое хранилище	Google Drive / VPS-хранилище для видеоуроков и PDF-конспектов. Файлы передаются пользователю через Telegram API.

Архитектура системы реализована по модульному принципу. Уровень бизнес-логики полностью изолирован от уровня взаимодействия с мессенджером, что обеспечивает технологическую переносимость решения.

На рисунке 2 представлен общий вид пользовательского интерфейса бота — главное меню навигации.

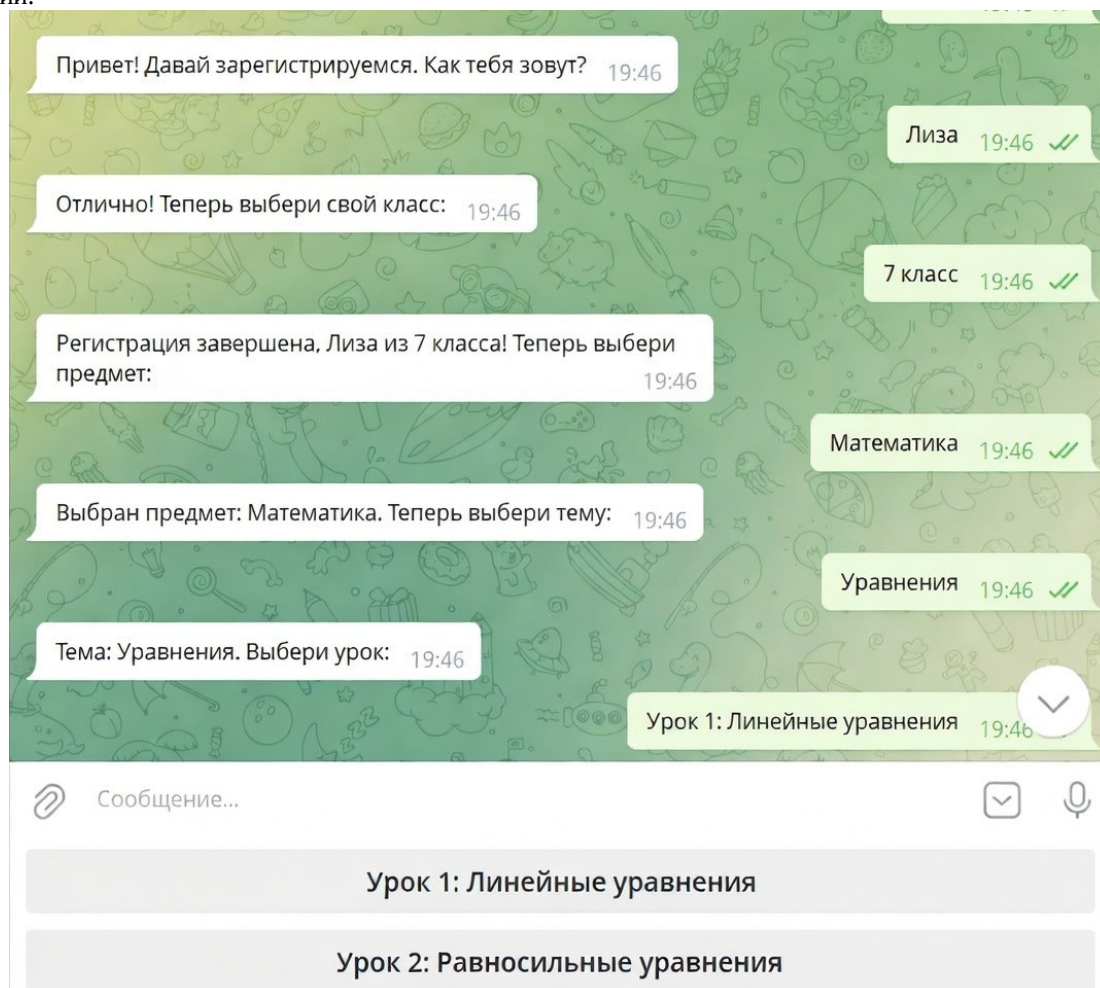


Рис. 2. Главное меню навигации ИС «СОВИУМ» (интерфейс Telegram-бота)

Результаты апробации. Разработанный прототип прошёл комплексное тестирование и апробацию на выборке из 50 пользователей (ученики 5–11 классов и педагоги). По результатам апробации получены следующие показатели:

- среднее время прохождения одного урока — 10 минут, что соответствует концепции микрообучения;
- средний балл за тестирование — 85%;
- 90% педагогов отметили удобство инструмента для назначения домашних заданий по сравнению с традиционными методами;
- покрытие кода модульными тестами — 95%, критические ошибки устранены.

Расчёт экономической эффективности показал срок окупаемости проекта менее 0,5 года при внутренней норме доходности (IRR) свыше 200%, что обусловлено использованием бесплатной инфраструктуры мессенджера [8]. Экономический эффект для образовательного учреждения составляет до 1 млн руб./год на снижении затрат на репетиторские услуги для группы из 1000 учеников.

Итог. В результате разработки и апробации информационной системы «СОВИУМ» подтверждена её практическая применимость для поддержки цифровой трансформации образовательного процесса. Система обеспечивает равный доступ школьников к качественным учебным материалам, предоставляет педагогам инструмент управления самостоятельной работой учащихся и соответствует требованиям ФГОС и нацпроектов РФ. Модульная архитектура системы обеспечивает её технологическую устойчивость и возможность переноса на отечественные платформы при изменении регуляторной среды. Перспективы развития включают интеграцию AI-ассистента для персонализированных подсказок, внедрение элементов геймификации и расширение библиотеки контента.

Список литературы:

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2030 года». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (дата обращения: 10.02.2024).
2. Национальный проект «Образование». 2024. URL: <https://edu.gov.ru/national-project> (дата обращения: 10.02.2024).
3. Цветкова В. Я., Смирнов А. А. Цифровая трансформация образовательных организаций: проблемы интеграции онлайн-платформ в региональных школах // Образование и наука. 2023. Т. 25, № 2. С. 45–68.
4. Дагаева А. Р. Постпандемийный синдром в системе образования: анализ уязвимостей дистанционных форматов обучения // Социология образования. 2022. № 4. С. 112–125.
5. Сидорова М. П. Архитектура и функциональные возможности образовательных чат-ботов на платформе Telegram // Программная инженерия и информационная безопасность. 2024. Т. 15, № 1. С. 34–41.
6. Смирнов А. В., Петрова Е. С. Разработка образовательных Telegram-ботов как инструмент цифровой трансформации школьного образования // Информатика и образование. 2024. № 3. С. 45–52.
7. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (утв. приказом Министерства просвещения РФ от 31.05.2021 № 287). URL: <https://fgos.ru> (дата обращения: 10.02.2024).
8. Громова Т. В., Сидорова Е. А. Методика оценки экономической эффективности внедрения цифровых образовательных платформ // Экономика образования. 2024. № 1. С. 56–69.

References:

1. Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 21.07.2020 № 474 «O nacional'nyh celjah i strategicheskikh zadachah razvitija Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda». URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (data obrashcheniya: 10.02.2024).
2. Nacional'nyj proekt «Obrazovanie». 2024. URL: <https://edu.gov.ru/national-project> (data obrashcheniya: 10.02.2024).
3. Cvetkova V. Ja., Smirnov A. A. Cifrovaja transformacija obrazovatel'nyh organizacij: problemy integracii onlajn-platform v regional'nyh shkolah // Obrazovanie i nauka. 2023. T. 25, № 2. S. 45–68.
4. Dagaeva A. R. Postpandemijnyj sindrom v sisteme obrazovanija: analiz uyazvimostej distancionnyh formatov obuchenija // Sociologija obrazovanija. 2022. № 4. S. 112–125.
5. Sidorova M. P. Arhitektura i funkcional'nye vozmozhnosti obrazovatel'nyh chat-botov na platforme Telegram // Programmaja inzhenerija i informacionnaja bezopasnost'. 2024. T. 15, № 1. S. 34–41.
6. Smirnov A. V., Petrova E. S. Razrabotka obrazovatel'nyh Telegram-botov kak instrument cifrovoj transformacii shkol'nogo obrazovanija // Informatika i obrazovanie. 2024. № 3. S. 45–52.
7. Federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart osnovnogo obshhego obrazovanija (utv. prikazom Ministerstva prosveshhenija RF ot 31.05.2021 № 287). URL: <https://fgos.ru> (data obrashcheniya: 10.02.2024).
8. Gromova T. V., Sidorova E. A. Metodika ocenki jekonomicheskoj jeffektivnosti vnedrenija cifrovyh obrazovatel'nyh platform // Jekonomika obrazovanija. 2024. № 1. S. 56–69.

М.А.Каждан, Д.А. Горинов, А.А. Прохорова

Санкт–Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт–Петербург, Большая Морская, 18

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ

© М.А. Каждан, Д.А. Горинов, А.А. Прохорова 2026

Рассматривается применение методов имитационного моделирования для симуляции движения группировки активных подвижных объектов. Результатом моделирования являются интервалы постоянства структуры информационного обеспечения, которые могут быть использованы для проведения структурного анализа систем связи и планирования процессов приема, передачи, обработки, хранения данных в распределенных киберфизических системах.

Ключевые слова: имитационное моделирование, беспилотные аппараты, структурная динамика, активный подвижный объект.

M.A.Kazhdan , D.A. Gorinov, A.A. Prokhorova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

SIMULATION OF UNMANNED VEHICLES INTERACTION

The application of simulation modeling methods to the simulation of motion in a group of active mobile objects is considered. The results of the simulation are intervals of constancy of the information support structure, which can be used for structural analysis of communication systems and for planning the processes of data reception, transmission, processing, and storage in distributed cyber–physical systems.

Keywords: simulation, modeling, unmanned vehicles, structural dynamics, active mobile object.

Введение

В настоящее время беспилотные аппараты находят всё более широкое применение в разных областях, включая мониторинг территорий, картографирование, инспекцию объектов, поисково–спасательные операции, логистику и сопровождение наземных систем. Существенный интерес представляет не только использование одиночных аппаратов, но и организация совместной работы нескольких беспилотных средств в составе группировки активных подвижных объектов (ГАПО) [1]. Техничко–технологическая, организационная и экономическая эффективность подобных систем определяется свойствами связей между элементами на различных уровнях иерархии, в т.ч. при передаче управляющих и координирующих сигналов [2].

Наличие или отсутствие возможности информационного взаимодействия между элементами ГАПО определяется взаимным расположением соответствующих средств, т.е. наблюдается структурная динамика [3]. Вместе с тем процессы приема, передачи, обработки, хранения данных и информации должны быть заранее спланированы. Аналитическое решение как задач диспетчеризации, так и исследования подобных процессов оказывается затруднительным. Это связано с тем, что необходимо учитывать параметры движения АПО, изменение их взаимного расположения; ограничения, определяющие возможность проведения сеансов связи и т.д.

Для решения подобных задач целесообразно опираться на принципы пространственно–временной декомпозиции [4]. Применение методов имитационного моделирования является одним из перспективных направлений преодоления проблемы сложности, позволяющих симулировать и исследовать различные сценарии влияния факторов внутренней и внешней на процессы функционирования ГАПО на материальном уровне, в т.ч. на возникновение интервалов постоянства структуры информационного обеспечения [5].

Целью работы является разработка имитационной модели взаимодействия двух беспилотных аппаратов для анализа возникновения и длительности интервала постоянства структуры информационного обеспечения (ИПСИО) в зависимости от параметров движения, взаимного расположения и ограничений наблюдения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: описать взаимодействие беспилотных аппаратов как динамическую систему; определить условия возникновения и потери окна видимости; выполнить формализацию исследуемой задачи; разработать имитационную модель движения аппаратов; реализовать алгоритм определения интервалов видимости; провести в численном виде

эксперименты и проанализировать полученные результаты.

Содержательная постановка задачи

На содержательном уровне постановки задачи рассматривается два беспилотных аппарата, функционирующих в общем пространстве и перемещающихся по заданным траекториям. Один аппарат может интерпретироваться как воздушный беспилотный аппарат (UAV, БПЛА), второй – как наземный аппарат (UGV, БНА). Каждый аппарат характеризуется параметрами движения, включая начальное положение, траекторию, скорость перемещения, ориентацию в пространстве, а также параметрами установленных на него передатчиков или иных средств взаимодействия.

Требуется разработать имитационную модель, позволяющую по заданным правилам движения двух беспилотных аппаратов определить длительность интервалов постоянства структуры информационного обеспечения или, другими словами, интервалы времени нахождения элементов ГАПО в зоне информационного взаимодействия (ЗИВ).

Формальная постановка задачи

Движение аппаратов задаётся в трёхмерном пространстве вдоль заранее определённых траекторий, формируемых по наборам опорных точек.

Положение i -го аппарата в пространстве зададим радиус-вектором:

$$\vec{r}_i(t) = \begin{bmatrix} x_i(t) \\ y_i(t) \\ z_i(t) \end{bmatrix}, i \in \{1, 2\},$$

где t – текущее время моделирования, $x_i(t)$, $y_i(t)$, $z_i(t)$ – декартовы координаты аппарата в момент времени t . Индекс $i = 1$ соответствует воздушному аппарату UAV, индекс $i = 2$ – наземному аппарату UGV.

В разработанной модели движение задаётся не непосредственно как функция времени, а как движение вдоль траектории, параметризованной дуговой координатой s . Тогда положение аппарата записывается в виде:

$$\vec{r}_i(t) = \vec{p}_i(s_i(t)),$$

где $\vec{p}_i(s)$ – траектория i -го аппарата, заданная как векторная функция дуговой координаты, а $s_i(t)$ – пройденный путь вдоль этой траектории к моменту времени t . Таким образом, геометрия маршрута и закон движения вдоль него рассматриваются отдельно: функция $\vec{p}_i(s)$ определяет форму траектории, а функция $s_i(t)$ – текущую фазу движения по ней.

Кинематика движения аппарата вдоль траектории описывается соотношениями:

$$\begin{aligned} \frac{ds}{dt} &= v_i(t), \\ \frac{dv_i}{dt} &= a_i(t), \end{aligned}$$

где $v_i(t)$ – скорость движения аппарата вдоль траектории, $a_i(t)$ – продольное ускорение. Следовательно, состояние аппарата в каждый момент времени характеризуется величинами $s_i(t)$, $v_i(t)$ и $a_i(t)$. В дискретной постановке, используемой при численном моделировании с шагом Δt , применяются соотношения:

$$\begin{aligned} v_{i,k+1} &= v_{i,k} + a_{i,k+1} \Delta t, \\ s_{i,k+1} &= s_{i,k} + v_{i,k+1} \Delta t, \end{aligned}$$

где k – номер временного шага, $v_{i,k}$ – скорость аппарата на шаге k , $a_{i,k}$ – ускорение аппарата на шаге k , $s_{i,k}$ – путь, пройденный к этому шагу. При этом в модели учитываются ограничения на максимальную скорость, ускорение и торможение:

$$\begin{aligned} 0 &\leq v_i(t) \leq v_{i,\max}, \\ -a_{i,\text{dec}} &\leq a_i(t) \leq a_{i,\text{acc}}, \end{aligned}$$

где $v_{i,\max}$ – максимально допустимая скорость аппарата, $a_{i,\text{acc}}$ – максимальное допустимое

Кроме того, для обеспечения плавного изменения ускорения в модели вводится ограничение на скорость изменения ускорения:

$$|a_{i,k+1} - a_{i,k}| \leq j_{i,\max} \Delta t,$$

где $j_{i,\max}$ – максимально допустимая величина скорости изменения ускорения для i -го аппарата. Это позволяет строить реалистичный профиль движения без мгновенных скачков ускорения.

Для определения направления движения вдоль траектории используется касательный вектор:

$$\vec{t}_i(s) = \frac{d p_i(s)}{ds},$$

а единичный касательный вектор имеет вид:

$$\vec{u}_i(s) = \frac{\vec{t}_i(s)}{\|\vec{t}_i(s)\|}.$$

Тогда вектор линейной скорости аппарата в глобальной системе координат можно записать как:

$$\dot{r}_i(t) = v_i(t) u_i(s_i(t)).$$

Здесь $\dot{r}_i(t)$ задаёт скорость изменения координат аппарата в пространстве, а u_i определяет текущее направление движения по траектории.

Для воздушного аппарата дополнительно учитывается кривизна траектории $\kappa(s)$, характеризующая степень отклонения движения от прямолинейного. При движении по криволинейному участку возникает боковое ускорение:

$$a_{\text{lat},1}(t) = v_1^2(t) \kappa_1(s_1(t)),$$

где $a_{\text{lat},1}(t)$ – боковое ускорение UAV, $\kappa_1(s)$ – кривизна траектории UAV. Для ограничения режимов движения UAV вводится условие:

$$a_{\text{lat},1}(t) \leq a_{\text{lat},\max},$$

откуда следует ограничение на скорость:

$$v_1(t) \leq \sqrt{\frac{a_{\text{lat},\max}}{\kappa_1(s_1(t))}}.$$

Это означает, что на участках траектории с высокой кривизной допустимая скорость UAV должна уменьшаться, что соответствует более реалистичной кинематике полёта.

Поскольку исходные траектории задаются дискретным набором опорных точек, для построения непрерывного маршрута используется интерполяция сплайном Катмулла–Рома. Пусть заданы точки P_0, P_1, \dots, P_n . Тогда для участка между точками P_i и P_{i+1} интерполяционная кривая задаётся выражением:

$$C_i(u) = \frac{1}{2} (2P_i + (-P_{i-1} + P_{i+1})u + (2P_{i-1} - 5P_i + 4P_{i+1} - P_{i+2})u^2 + (-P_{i-1} + 3P_i - 3P_{i+1} + P_{i+2})u^3),$$

где $u \in [0, 1]$ – локальный параметр интерполяции. Такой подход позволяет построить гладкую траекторию, проходящую через все заданные точки. В работе используется центростремительный вариант сплайна Катмулла–Рома, уменьшающий вероятность появления неестественных перегибов траектории.

Для определения условия видимости необходимо учитывать не только положение аппаратов, но и их ориентацию в пространстве. Для этого вводятся матрицы поворота вокруг координатных осей:

$$R_x(\varphi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 & \sin \varphi & \cos \varphi \end{bmatrix},$$

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix},$$

$$R_z(\psi) = \begin{bmatrix} \cos\psi & -\sin\psi & 0 \\ \sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

где ψ – угол курса, θ – угол тангажа, φ – угол крена.

Для наземного аппарата UGV ориентация определяется только углом курса ψ_2 , поскольку его движение рассматривается в основном в горизонтальной плоскости:

$$R_2 = R_z(\psi_2)$$

Для воздушного аппарата UAV ориентация задаётся с учётом курса, тангажа и крена:

$$R_1 = R_z(\psi_1)R_y(\theta_1)R_x(\varphi_1)$$

Здесь ψ_1 определяется направлением касательного вектора траектории в горизонтальной плоскости, θ_1 зависит от продольного ускорения и режима движения, а φ_1 определяется боковым ускорением при прохождении криволинейных участков маршрута. Тем самым ориентация UAV в модели зависит как от геометрии траектории, так и от кинематики движения.

Пусть n_{b1} и n_{b2} – единичные векторы осей обзора датчиков в связанных системах координат UAV и UGV соответственно. Тогда в глобальной системе координат направления осей обзора определяются как

$$n_1 = R_1 n_{b1}, \quad n_2 = R_2 n_{b2}$$

Вектор между аппаратами равен:

$$\vec{L}(t) = r_2(t) - r_1(t)$$

Расстояние между ними:

$$D(t) = \|\vec{L}(t)\|$$

Если $D(t) > 0$, то единичный вектор от UAV к UGV определяется как:

$$u_{12}(t) = \frac{\vec{L}(t)}{D(t)}$$

Единичный вектор от UGV к UAV:

$$u_{21}(t) = -u_{12}(t)$$

Углы между направлением обзора аппарата и направлением на второй объект определяются выражениями:

$$\begin{aligned} \alpha_1(t) &= \arccos n_1(t) \cdot u_{12}(t), \\ \alpha_2(t) &= \arccos n_2(t) \cdot u_{21}(t), \end{aligned}$$

где $\alpha_1(t)$ – угол между осью обзора UAV и направлением на UGV, $\alpha_2(t)$ – угол между осью обзора UGV и направлением на UAV.

Пусть $R_{vis,1}$ и $R_{vis,2}$ – максимальные дальности работы передатчиков UAV и UGV соответственно, а β_1 и β_2 – полные углы обзора их датчиков. Тогда условия попадания одного аппарата в ЗИВ другого имеют вид:

$$\begin{aligned} D(t) \leq R_{vis,1}, \quad \alpha_1(t) \leq \frac{\beta_1}{2}, \\ D(t) \leq R_{vis,2}, \quad \alpha_2(t) \leq \frac{\beta_2}{2}. \end{aligned}$$

Следовательно, интервал постоянства существует только в том случае, когда одновременно выполняются оба условия:

$$V(t) = \begin{cases} 1, & D(t) \leq R_{vis,1}, \alpha_1(t) \leq \frac{\beta_1}{2}, D(t) \leq R_{vis,2}, \alpha_2(t) \leq \frac{\beta_2}{2}, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

$V(t)$

$V(t) = 1$

t , а значение $V(t) = 0$ – его отсутствие.

Обзор существующих средств моделирования

Для моделирования динамических систем, включающих подвижные объекты, в настоящее время используются различные программные средства и подходы. К числу наиболее известных относятся универсальные среды математического моделирования, пакеты имитационного моделирования, а также специализированные платформы для робототехнических и многоагентных систем.

Одним из распространённых решений является AnyLogic, который позволяет реализовывать дискретно–событийное, агентное и системно–динамическое моделирование. Данный программный продукт обладает широкими возможностями визуализации, построения сложных сценариев функционирования системы и анализа результатов. Однако его функциональные возможности в значительной степени ориентированы на моделирование бизнес–процессов, логистических систем, потоков заявок и поведения агентов высокого уровня [6].

Также для моделирования подвижных объектов применяются MATLAB и Simulink, обеспечивающие развитый математический аппарат, средства численного анализа и широкие возможности построения динамических моделей. Эти средства удобны при работе с системами управления, обработкой сигналов и дифференциальными уравнениями, однако в рассматриваемой задаче требуется гибкая реализация собственной логики траекторного движения, проверки геометрических условий ЗИВ и проведения серии вычислительных экспериментов с настраиваемой визуализацией результатов [7].

В робототехнических задачах широко используется среда Gazebo, которая используется в экосистеме Robot Operating System (ROS). Она позволяет моделировать движение роботов и беспилотных аппаратов в виртуальной среде. Это решение обеспечивает высокую степень детализации, возможность учёта сенсоров, физики движения и взаимодействия с препятствиями. Однако, для задачи исследования интервалов постоянства структуры между двумя аппаратами подобные платформы могут быть чрезмерно сложными в настройке и сопровождении [8].

Проведённый анализ показывает, что существующие программные средства обладают высокой функциональностью и могут использоваться для решения широкого круга задач моделирования. Однако для рассматриваемой задачи они либо избыточны, либо требуют значительной адаптации под специфические условия исследования. Специфика задачи состоит в необходимости описания взаимодействия двух беспилотных аппаратов с учётом индивидуально задаваемых траекторий движения, параметров обзора, пространственного положения и логики возникновения интервалов постоянства информационной структуры во времени.

В связи с этим в работе принято решение о разработке собственной имитационной модели, ориентированной непосредственно на исследование движения элементов ГАПО. Такой подход позволяет использовать только те элементы модели, которые действительно необходимы для решения поставленной задачи, упростить проведение вычислительных экспериментов и обеспечить гибкость при изменении входных параметров и сценариев движения.

В качестве среды разработки имитационной модели в работе был выбран язык программирования Python. Данный выбор обусловлен тем, что язык программирования Python предоставляет широкие возможности для численного моделирования, обработки данных, алгоритмической реализации пользовательской логики и визуализации результатов. Использование библиотек для математических вычислений и графического представления данных позволяет эффективно реализовать модель движения беспилотных аппаратов, алгоритм определения окна видимости и проведение вычислительных экспериментов. Кроме того, Python обеспечивает достаточную гибкость при модификации структуры модели, изменении входных параметров и расширении функциональных возможностей, что особенно важно для решения специфической исследовательской задачи.

Структура разработанной программы и используемые функции

Разработанная программа имеет модульную структуру и включает два основных файла: interface.py и main.py. Модуль interface.py реализует пользовательский интерфейс, через который задаются исходные параметры моделирования: дальность работы передатчиков для каждого аппарата, сектор работы, параметры скорости, ускорения, торможения, время симуляции, интервалы остановок. После ввода параметров выполняется их проверка на корректность, разбор файла траекторий и формирование единой структуры данных, передаваемой в вычислительный модуль. В частности, интерфейс позволяет вводить параметры UAV и UGV раздельно, проверять положительность числовых значений, задавать ограничения секторов работы передатчиков и корректность структуры входного файла.

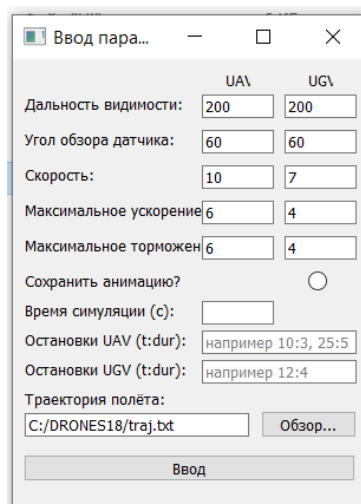


Рисунок 1. Интерфейс

Основной модуль `main.py` реализует вычислительную часть модели. В нём выполняются построение траекторий движения, формирование профилей скорости, расчёт ориентации аппаратов, пошаговое определение их положения в пространстве и проверка условий взаимной видимости. Для этого используются библиотеки NumPy, Matplotlib, PyQt5, а также стандартные модули Python. Библиотека NumPy применяется для векторных и матричных вычислений, Matplotlib – для трёхмерной визуализации и анимации движения аппаратов, а PyQt5 – для организации ввода параметров через графический интерфейс.

Ключевое место в программе занимает блок функций, отвечающих за построение и обработку траекторий. Исходные маршруты задаются пользователем в виде набора опорных точек, после чего функция `catmull_rom_path` формирует по ним сглаженную пространственную кривую. Это позволяет перейти от ломаной линии к непрерывной траектории, а также упростить формирование входных данных. После построения траектории функция `preprocess_path` рассчитывает её основные геометрические характеристики: накопленную длину пути, касательные векторы и локальную кривизну. Такой подход позволяет параметризовать движение не по номеру точки, а по пройденному расстоянию вдоль маршрута. Для восстановления координат и параметров движения в произвольной точке пути используются функции `sample_path_by_s` и `sample_scalar_by_s`, обеспечивающие интерполяцию координат, касательных направлений и скалярных величин по дуговой координате. Благодаря этому движение аппаратов моделируется как непрерывный путь вдоль сглаженной траектории.

Следующий важный блок программы связан с формированием профиля движения аппаратов. Для наземного аппарата используется функция `build_motion_profile`, которая задаёт изменение скорости вдоль маршрута с учётом пользовательских ограничений на максимальную скорость, ускорение, торможение. Для воздушного аппарата применяется функция `build_motion_profile_curvature`, в которой дополнительно учитывается кривизна траектории. В этом случае на участках с большей кривизной допустимая скорость автоматически уменьшается в соответствии с ограничением на боковое ускорение. Такой способ построения профиля движения делает модель более реалистичной, поскольку учитывает влияние геометрии маршрута на динамику полёта UAV. Кроме того, в программе предусмотрены функции `parse_time_stops` и `apply_time_stops_to_profile`, позволяющие задавать остановки аппаратов.

Существенным элементом модели является определение ориентации воздушного аппарата в пространстве. В отличие от наземного аппарата, для которого учитывается только курс движения в горизонтальной плоскости, ориентация UAV формируется с учётом как геометрии траектории, так и динамики движения. Курс определяется по касательному вектору траектории, тангаж задаётся в зависимости от продольного ускорения аппарата и дополнительно сглаживается во времени, а крен определяется через боковое ускорение, возникающее при движении по криволинейному участку маршрута. На основе этих параметров строится матрица ориентации UAV, которая используется для определения направления оси обзора датчика. Таким образом, в модели окно видимости зависит не только от взаимного расположения аппаратов, но и от текущей ориентации воздушного дрона, изменяющейся в процессе движения.

Все перечисленные этапы объединяются в функции `simulate_and_animate`, являющейся центральной в программе. В ней по заданным параметрам строятся траектории UAV и UGV, рассчитываются профили движения, а затем для каждого момента времени определяются текущие координаты аппаратов, их ориентация, взаимное расстояние и положение зон обзора. Результаты расчётов сохраняются в массивы, которые затем используются как для анализа параметров движения, так и для анимационного отображения процесса моделирования. Помимо этого, программа определяет ИПСИО и сохраняет их в отдельный JSON-файл, что позволяет использовать результаты в дальнейшем анализе.

Определение интервалов времени постоянства информационной структуры выполняется в основном цикле моделирования на каждом временном шаге. Для этого сначала вычисляется расстояние между

находятся углы между осью обзора каждого аппарата и направлением на второй объект. Если расстояние не превышает допустимую дальность наблюдения, а второй аппарат находится внутри сектора обзора первого и наоборот, фиксируется наличие ЗИВ. В программе эти условия реализуются через логические переменные, характеризующие видимость UGV из UAV и UAV из UGV, а окончательный признак наличия ЗИВ определяется как их одновременное выполнение. На основе полученной последовательности булевых значений далее формируются ИПСИО и вычисляется их суммарная длительность.

Проведение экспериментов

Сценарий 1

В первом сценарии рассматривается ситуация, в которой наземный объект движется по прямолинейному маршруту вдоль оси X . Воздушный сегмент при этом движется на постоянной высоте 150 м по дугообразной траектории: его путь представляет собой плавную кривую, симметричную относительно центра сцены. Такой набор входных данных позволяет исследовать случай, когда один объект движется по простому линейному маршруту, а второй – по более сложной пространственной траектории, сохраняя постоянную высоту полета.

В каждый момент времени определяется взаимное расположение аппаратов, а также проверяется выполнение условий видимости. К таким условиям относятся ограничение по максимальной дальности наблюдения, соответствие взаимного направления аппаратов допустимой зоне обзора, а также иные геометрические ограничения, принимаемые в модели.

Входными параметрами модели являются координаты аппаратов, диапазон скоростей, характеристики средств связи, углы обзора и длительность моделирования. Выходными параметрами являются моменты времени возникновения и потери окна видимости, количество интервалов видимости за время моделирования, суммарная длительность таких интервалов, а также зависимости указанных характеристик от изменения входных параметров.

```

"gsLabel": "1",
"scLabel": "1",
"begin": 1774634756,
"end": 1774634773
}
"gsLabel": "1",
"scLabel": "1",
"begin": 1774634801,
"end": 1774634804
}
"gsLabel": "1",
"scLabel": "1",
"begin": 1774634806,
"end": 1774634813
}
"gsLabel": "1",
"scLabel": "1",
"begin": 1774634854,
"end": 1774634860
}
"gsLabel": "1",
"scLabel": "1",
"begin": 1774634916,
"end": 1774634928
}

```

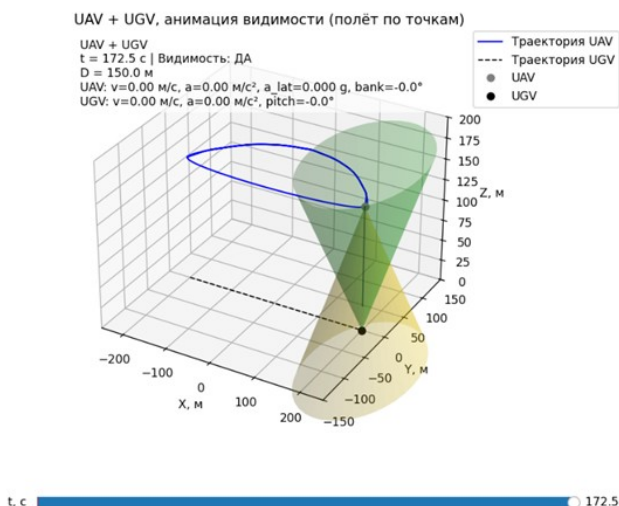


Рисунок 2. Результат выполнения сценария 1

Сценарий 2

Во втором сценарии наземный объект перемещается по замкнутому прямоугольному маршруту. Воздушный объект также движется по замкнутой траектории, однако его маршрут включает изменение высоты. Кроме того, в ряде точек изменяется курс воздушного объекта, что позволяет учитывать не только изменение положения, но и влияние ориентации на условия наблюдения.

Такой сценарий предназначен для исследования более сложной пространственной динамики системы. В отличие от первого эксперимента, здесь оба объекта движутся по циклическим маршрутам, что позволяет анализировать повторяющиеся участки сближения и удаления, а также многократное возникновение и исчезновение взаимной видимости. Наличие изменения высоты и направления движения воздушного объекта делает сценарий более близким к реальным условиям функционирования подвижных систем, в которых важны не только координаты объектов, но и их ориентация в пространстве.

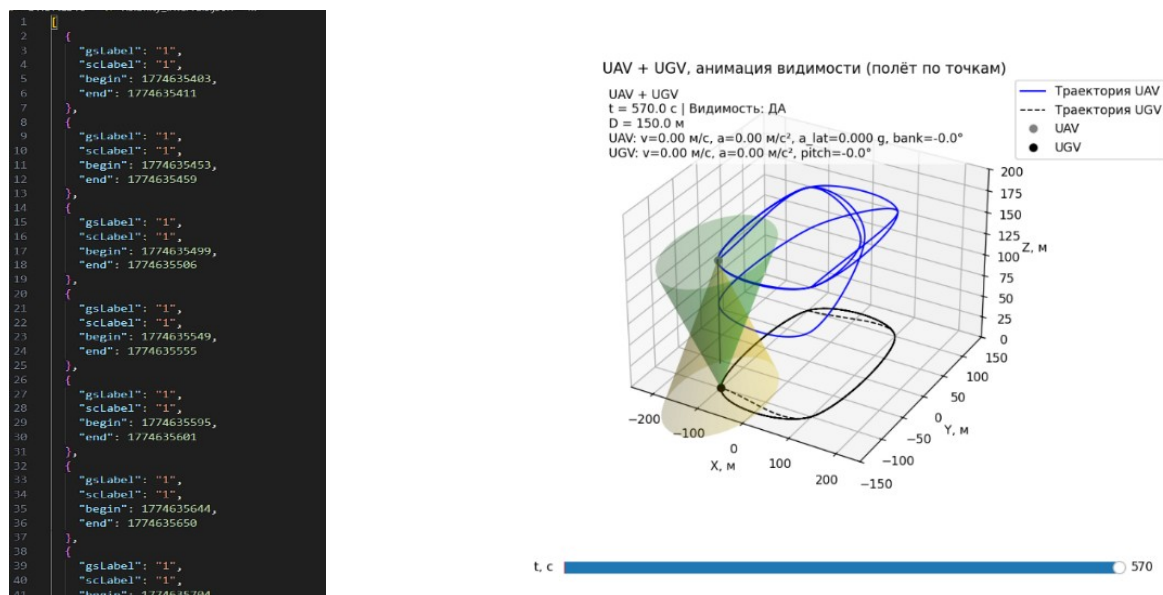


Рисунок 3. Результат выполнения сценария 2

Проведенные сценарные эксперименты показывают, что разработанная программа позволяет моделировать различные варианты движения воздушного и наземного объектов, учитывать пространственное положение, ориентацию и геометрию траекторий, а также определять ИПСИО. Использование как простых, так и более сложных маршрутов подтверждает, что программа позволяет исследовать структурную динамику ГАПО в зависимости от параметров движения и конфигурации траекторий.

Результаты моделирования могут быть представлены в виде графа, где дугами являются каналы связи, возникшие на заданном интервале постоянства структуры и определяемые взаимным движением беспилотных аппаратов, а вершинами соответствующие элементы ГАПО. Подобная интерпретация позволит в дальнейшем проводить содержательный анализ автоматизированных систем управления и связи с использованием методов структурного анализа [9].

Заключение

Проведённые вычислительные эксперименты показали, что разработанная программа позволяет исследовать различные сценарии движения воздушного и наземного аппаратов, фиксировать моменты возникновения и исчезновения ЗИВ, а также оценивать суммарную длительность интервалов постоянства информационной структуры. Полученные результаты подтверждают, что предложенная модель может быть использована как инструмент исследования структурной динамики подвижной системы двух объектов.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанной модели для анализа взаимодействия беспилотных аппаратов при различных конфигурациях маршрутов и параметров движения. В дальнейшем развитие работы может быть связано с расширением числа объектов в системе, учётом препятствий внешней среды, более сложных условий наблюдения и связи.

Разработанный программный модуль может найти применение в ходе проведения исследований функционирования сложных объектов (ГАПО) с использованием разрабатываемого в СПб ФИЦ имитационно-моделирующего стенда на этапе имитации физических процессов.

Список литературы

1. Захаров В. В., Зеленцов В. А., Павлов А. Н., Соколов Б. В. Модельно-алгоритмическое обеспечение планирования функционирования активных подвижных объектов // Вычислительные технологии. 2025. Т. 30. № 5. С. 80–94.
2. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем / пер. с англ. М.: Мир, 1973. 344 с.
3. Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Полимодельное описание и анализ структурной динамики систем управления космическими средствами // Информатика и автоматизация. 2010. Т. 4. № 15. С. 7–52.
4. Ушаков В. А. Модели и алгоритмы управления информационными процессами при взаимодействии подвижных объектов // Морские интеллектуальные технологии. 2022. № 3–1. С. 235–247.
5. Калинин В. И., Юсупов Р. М., Соколов Б. В. Междисциплинарное взаимодействие и развитие теории систем, кибернетики и информатики // Системный анализ в проектировании и управлении. 2023. Т. 26. № 1. С. 7–13.
6. AnyLogic. URL: <https://www.anylogic.ru> (дата обращения: 11.04.2026).
7. MathWorks. MATLAB and Simulink. URL: <https://www.mathworks.com> (дата обращения: 11.04.2026).
8. Gazebo. URL: <https://gazebo.org> (дата обращения: 11.04.2026).
9. Калинин В. Н., Резников Б. А. Теория систем и управления (структурно-математический подход). Л.:

References

1. Zakharov V.V., Zelencov V.A., Pavlov A.N., Sokolov B.V. Model'no–algoritmicheskoe obespechenie planirovaniya funkcionirovaniya aktivnyh podvizhnyh ob"ektov [Model–algorithmic support for planning the functioning of active mobile objects]. Vychislitel'nye tekhnologii [Computational Technologies]. 2025. Vol. 30. No. 5. Pp. 80–94. (in Rus.).
2. Mesarovich M., Mako D., Takahara I. Teoriya ierarhicheskikh mnogourovnevnykh sistem [Theory of hierarchical multilevel systems]. Moscow: Mir, 1973. 344 p. (in Rus.).
3. Sokolov B.V., Yusupov R.M. Polimodel'noe opisanie i analiz strukturnoj dinamiki sistem upravleniya kosmicheskimi sredstvami [Polymodel description and analysis of structural dynamics of spacecraft control systems]. Informatika i avtomatizaciya [Informatics and Automation]. 2010. Vol. 4. No. 15. Pp. 7–52. (in Rus.).
4. Ushakov V.A. Modeli i algoritmy upravleniya informacionnymi processami pri vzaimodejstvii podvizhnyh ob"ektov [Models and algorithms for controlling information processes in the interaction of mobile objects]. Morskije intellektual'nye tekhnologii [Marine Intelligent Technologies]. 2022. No. 3–1. Pp. 235–247. (in Rus.).
5. Kalinin V.I., Yusupov R.M., Sokolov B.V. Mezhdisciplinarnoe vzaimodejstvie i razvitie teorii sistem, kibernetiki i informatiki [Interdisciplinary interaction and development of systems theory, cybernetics and informatics]. Sistemnyj analiz v proektirovanii i upravlenii [System Analysis in Design and Management]. 2023. Vol. 26. No. 1. Pp. 7–13. (in Rus.).
6. AnyLogic. URL: <https://www.anylogic.ru>(accessed: 11.04.2026).
7. MathWorks. MATLAB and Simulink. URL: <https://www.mathworks.com>(accessed: 11.04.2026).
8. Gazebo. URL: <https://gazebo.org>(accessed: 11.04.2026).
9. Kalinin V.N., Reznikov B.A. Teoriya sistem i upravleniya (strukturno–matematicheskij podhod) [Theory of systems and control (structural–mathematical approach)]. Leningrad: VIKА im. A. F. Mozhajskogo, 1978. 463 p. (in Rus.).

А.В. Князева, Д.А. Горинов, А.А. Прохорова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДБОРА МЕРОПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНТЕРЕСОВ

© А.В. Князева, Д.А. Горинов, А.А. Прохорова 2026

В работе анализируются методы рекомендательных систем. Обоснован выбор гибридного подхода: контентная фильтрация с нейросетевыми эмбедингами (sentence transformer) и косинусным схождением. Объясняется его принцип работы. В качестве примера рассматривается программа с картой и подбором мероприятий по интересам пользователя.

Ключевые слова: рекомендательные системы, гибридная фильтрация, косинусное схождение, sentence transformer, контентная фильтрация.

A.V.Knyazeva , D.A. Gorinov, A.A. Prokhorova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

INTELLIGENT SYSTEM FOR EVENT SELECTION BASED ON USER INTEREST ANALYSIS

Existing recommendation system methods are reviewed. A hybrid approach is justified, combining content-based filtering with neural network embeddings (sentence transformer) and cosine similarity as the proximity metric. Its working principle is explained. As an example, a program with a map and event selection based on user interests is considered.

Keywords: recommender systems, hybrid filtering, cosine similarity, sentence transformer, content-based filtering

Введение

Актуальной проблемой современных цифровых сервисов является персонализированный подбор объектов в условиях информационной перегрузки. Отсутствие универсального метода, одинаково эффективно работающего с неструктурированными текстовыми описаниями, разной длиной векторов и множественными интересами пользователей, подтверждает необходимость разработки гибридных подходов [3].

Цель работы заключалась в разработке и описании гибридной рекомендательной системы, объединяющей контентную фильтрацию, нейросетевые векторные представления текстов на базе модели Sentence Transformer и косинусное схождение в качестве метрики близости, а также в демонстрации её работы на примере подбора мероприятий по интересам пользователя.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: выполнен обзор и сравнительный анализ существующих методов построения рекомендательных систем с выделением их преимуществ и недостатков; обоснован выбор гибридного подхода; описана процедура векторизации текстовых описаний; разработан алгоритм взвешенного агрегирования косинусных сходств для учёта нескольких интересов с различной степенью важности; реализован программный прототип системы; проведены экспериментальные тесты, подтвердившие работоспособность предложенного метода.

Обзор существующих способов построения рекомендательных систем

Прежде чем перейти к описанию предлагаемого решения, кратко рассмотрим основные классы рекомендательных систем, чтобы понять их сильные и слабые стороны. Вопросы классификации и сравнительного анализа методов подробно рассмотрены в работе [3].

Самый простой подход – популярные рекомендации. При его использовании всем пользователям выдаются одни и те же объекты, чаще всего выбираемые другими людьми. Этот метод предельно прост и решает проблему холодного старта, поскольку не требует данных о пользователе, но он полностью лишён персонализации, а новые или нишевые объекты никогда не попадают в выдачу.

Контентная фильтрация работает иначе: пользователю рекомендуются объекты, похожие на те, что понравились ему ранее, на основе анализа признаков объектов – жанров, тегов, ключевых слов. Такой подход обеспечивает персонализацию и объяснимость рекомендаций, не требует данных о других пользователях, однако нуждается в детальном ручном описании признаков каждого объекта, страдает от эффекта «фильтр-пузыря»

Коллаборативная фильтрация основана на принципе «похожие пользователи любят похожие объекты»: она анализирует матрицу взаимодействий пользователей с объектами и рекомендует то, что понравилось людям со сходными вкусами. В отличие от контентной фильтрации, этот метод не нуждается в признаках объектов и способен предлагать неожиданные, но релевантные вещи, однако он требует больших объёмов исторических данных о взаимодействиях, бесполезен при холодном старте и плохо поддаётся объяснению.

Матричная факторизация (например, SVD) представляет собой развитие коллаборативной фильтрации: большая разреженная матрица оценок раскладывается на две маленькие плотные матрицы скрытых факторов пользователей и объектов, а оценка восстанавливается как скалярное произведение соответствующих векторов. Этот метод даёт высокую точность и хорошо работает с разреженными данными, но сложен в реализации, страдает от холодного старта, а скрытые факторы практически не поддаются интерпретации.

Нейросетевые методы используют глубокие нейронные сети для преобразования текстовых данных в плотные векторные представления – эмбединги. Применение эмбедингов в рекомендательных системах наглядно продемонстрировано в работе [2], где авторы реализовали систему рекомендаций в маркетплейсе именно на основе векторных представлений. В отличие от контентной фильтрации с ручными тегами, такой подход автоматически улавливает семантический смысл текста: близкие по смыслу описания оказываются рядом в векторном пространстве. Нейросетевые методы не требуют ручного тегирования и обеспечивают высокую точность, но нуждаются в значительных вычислительных ресурсах, а их внутренние механизмы часто остаются «чёрным ящиком».

Гибридные системы комбинируют два или более описанных метода, позволяя компенсировать недостатки одного за счёт преимуществ другого. Как отмечают [4], методы реализации гибридных рекомендательных систем представляют собой отдельное перспективное направление исследований. Это наиболее перспективный подход с точки зрения качества рекомендаций и устойчивости к холодному старту, хотя платой становится сложность архитектуры и настройки.

В рамках данного проекта был выбран гибридный подход, совмещающий контентную фильтрацию, нейросетевое обучение для получения векторных представлений (эмбедингов) текстовых данных и косинусное сходство в качестве метрики близости, что согласуется с современными подходами к построению гибридных рекомендательных систем [4]. Такой выбор обусловлен ограничениями классических методов и особенностями решаемой задачи.

Во-первых, в рассматриваемом приложении ключевым источником информации являются текстовые описания событий (название, описание, категория). Традиционные методы, такие как классическая контентная фильтрация с ручным заданием признаков, требуют явного структурирования данных – например, фиксированных тегов или категорий. Это ограничивает полноту представления информации и делает систему зависимой от качества ручной разметки. Гибридный подход позволяет заменить ручное выделение признаков автоматическим извлечением эмбедингов из текста.

Во-вторых, использование нейросетевого компонента (Sentence Transformer) позволяет учитывать семантический смысл текста, а не только совпадение ключевых слов. Это особенно важно в задачах рекомендаций, где один и тот же интерес может быть выражен разными словами. Например, события, связанные с «искусственным интеллектом» и «машинным обучением», семантически близки, хотя формально не совпадают по ключевым словам. Классические методы (такие как TF-IDF или простая контентная фильтрация по тегам) не способны эффективно улавливать такие связи.

В-третьих, выбор в пользу контентной фильтрации как основы гибрида обусловлен тем, что в системе отсутствуют данные о взаимодействиях пользователей с мероприятиями (оценки, лайки, посещения). Коллаборативная фильтрация и матричная факторизация в таких условиях неприменимы из-за проблемы холодного старта. Контентный же подход работает исключительно на основе текстовых описаний, что полностью соответствует имеющимся входным данным.

В-четвёртых, косинусное сходство выбрано в качестве метрики близости, поскольку оно сравнивает направление векторов, игнорируя их длину. Это важно, так как векторы интересов пользователя и векторы мероприятий могут иметь разный масштаб. Кроме того, косинусное сходство вычислительно просто и даёт интерпретируемый результат в диапазоне от 0 до 1.

Таким образом, предложенный гибридный подход сочетает три компонента: контентную фильтрацию как базовую логику рекомендаций («похожее на выбранное»), нейросетевые эмбединги (Sentence Transformer) как инструмент извлечения семантических признаков из текста без ручного тегирования и косинусное сходство как меру близости в векторном пространстве, устойчивую к разной длине векторов. Такая комбинация позволяет обойти ограничения каждого из методов в отдельности: контентная фильтрация даёт объяснимость и не требует данных о других пользователях, нейросеть обеспечивает глубокое понимание текста, а косинусное сходство – корректное сравнение векторов разной длины.

Принцип работы выбранного гибридного метода

В основе предложенного гибридного подхода лежит объединение трёх независимых компонентов: контентной фильтрации как логической схемы рекомендаций, нейросетевой модели Sentence Transformer для извлечения векторных представлений из текста и косинусного сходства в качестве оператора сравнения векторов

Контентная фильтрация в чистом виде предполагает, что пользователю следует рекомендовать объекты, обладающие признаками, сходными с признаками тех объектов, которые ему понравились ранее. Однако классическая реализация этого метода требует явного перечисления признаков в виде дискретных тегов или категорий, что накладывает ограничения на полноту описания. В предлагаемом подходе роль таких признаков выполняют не ручные теги, а плотные векторные представления, автоматически извлекаемые из текста нейросетевой моделью.

Модель Sentence Transformer (в частности, архитектура all-MiniLM-L6-v2) предназначена для преобразования произвольных текстовых фрагментов в эмбединги – векторы фиксированной размерности, сохраняющие семантическую информацию. Ключевое свойство этой модели заключается в том, что тексты, близкие по смыслу, отображаются в близкие точки векторного пространства. В рамках гибридного метода такая модель применяется для двух типов сущностей. С одной стороны, каждый объект рекомендации описывается через эмбединг, полученный из его текстовой характеристики. С другой стороны, предпочтение пользователя, выраженное в виде текстовой фразы или ключевого слова, также преобразуется в эмбединг той же моделью. Благодаря этому обеспечивается согласованность векторного пространства: и объекты, и интересы оказываются представлены в одной семантической области, что делает их сравнимыми.

Для количественной оценки близости между эмбедингом интереса и эмбедингом объекта используется косинусное сходжение. Формула имеет следующий вид:

$$\cosine(a, b) = \frac{a * b}{\|a\| * \|b\|}$$

Здесь a и b – векторы, $a*b$ – их скалярное произведение, $\|a\|$ и $\|b\|$ – евклидовы нормы (длины) соответствующих векторов. Геометрически данное выражение равно косинусу угла между векторами, поэтому результат лежит в диапазоне от -1 до 1 , где 1 соответствует полному совпадению направлений, 0 – отсутствию связи, а отрицательные значения указывают на противоположные направления. В рамках данной задачи рассматриваются только положительные значения как индикаторы семантической близости. Выбор именно этой метрики обусловлен её свойством игнорировать длины векторов: два текста разного объёма, но одинакового смысла дадут высокое значение сходства, тогда как метрики, чувствительные к длине (например, евклидово расстояние), могли бы ошибочно оценить их как различные.

Когда пользователь выражает несколько интересов, возникает необходимость их агрегирования. Простейшим решением было бы усреднение косинусных сходств по всем интересам, однако в реальных сценариях не все интересы имеют одинаковую важность. В предлагаемом методе используется взвешенное суммирование: каждому интересу присваивается вес, отражающий его приоритет. После вычисления косинусных сходств между вектором каждого объекта и векторами всех интересов, полученные значения суммируются с соответствующими весами, после чего результат нормируется на сумму весов.

На завершающем этапе все объекты ранжируются по убыванию полученных оценок. Пользователю предлагаются объекты с наибольшими значениями, то есть наиболее семантически близкие к его взвешенному набору интересов. Таким образом, предложенный гибридный метод реализует логику контентной фильтрации («рекомендуем похожее на выбранное»), но вместо ручных тегов использует нейросетевые эмбединги, а мерой похожести служит косинусное сходжение, устойчивое к разной длине текстов.

Пример практической реализации

Для демонстрации работы предложенного гибридного подхода была реализована рекомендательная система подбора городских мероприятий на основе текстовых интересов пользователя. На вход система получает список мероприятий с их описаниями (название, категория, дата, адрес, текстовое описание) и набор интересов, выбранных пользователем. На выходе формируется ранжированный список событий, отсортированных по степени семантической близости к интересам.

На первом этапе все текстовые данные – как описания мероприятий, так и формулировки интересов – преобразуются в векторные представления с помощью модели Sentence Transformer (all-MiniLM-L6-v2). Благодаря этому и объекты, и предпочтения пользователя оказываются в едином семантическом векторном пространстве. Затем для каждой пары «интерес – мероприятие» вычисляется косинусное сходжение между соответствующими эмбедингами. Поскольку пользователь может указать несколько интересов, итоговая оценка мероприятия формируется как взвешенная сумма косинусных сходств: первый по порядку интерес получает вес 1.5 , второй – 1.2 , остальные – 1.0 . Полученная сумма нормируется на сумму весов, что даёт итоговую оценку в диапазоне от 0 до 1 . После этого все мероприятия сортируются по убыванию оценок, и пользователю отображаются наиболее релевантные события.

На рисунках 1 и 2 представлены примеры работы программы. Интерфейс выполнен в виде двух основных вкладок: «Рекомендации» и «Карта». На вкладке «Рекомендации» отображается список подобранных мероприятий с указанием названия, даты, адреса, категории, ключевых слов и числового рейтинга соответствия. Как видно на первом скриншоте, для пользователя, интересующегося волонтерством, система предложила встречу «Квартирник! Уютная встреча для волонтеров» с рейтингом 1.43 (значение выше 1 за счёт взвешенного

суммирования). В карточке мероприятия также указаны связанные теги: квартирник, волонтерство, общение, музыка. На рисунке 1 представлены фрагменты интерфейса системы.

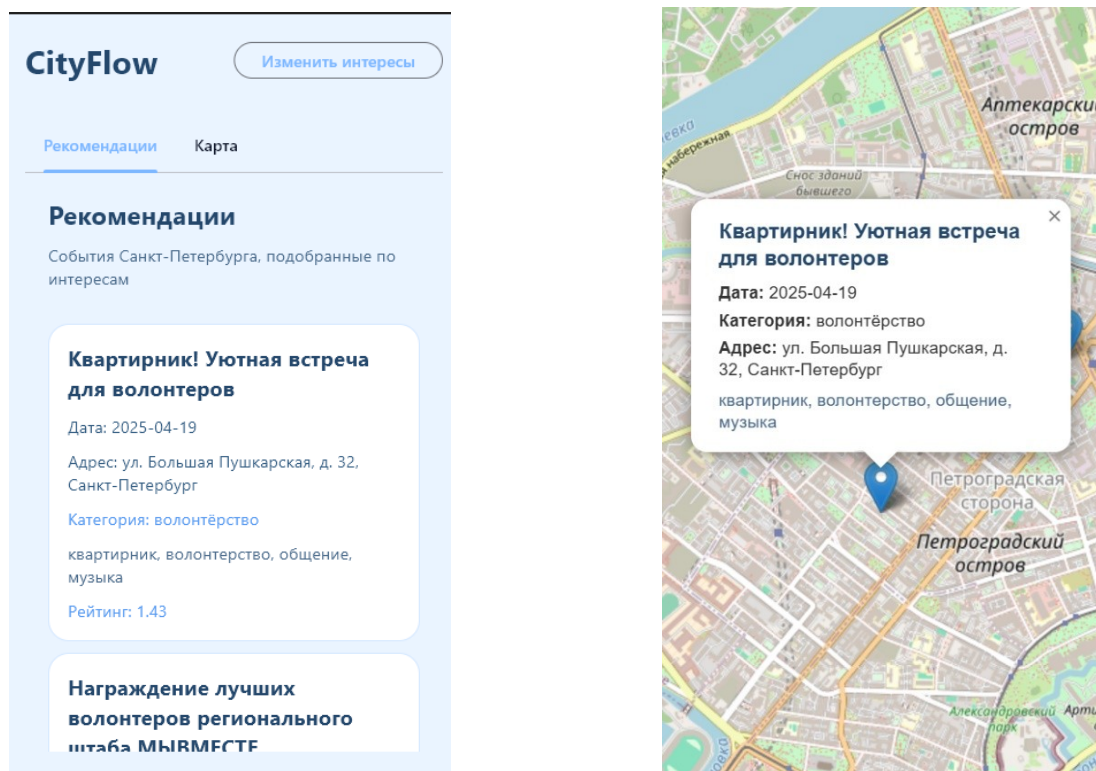


Рисунок 1 – Фрагменты интерфейса системы

На рисунках представлены примеры работы программы. Интерфейс выполнен в виде двух основных вкладок: «Рекомендации» и «Карта». На вкладке «Рекомендации» отображается список подобранных мероприятий с указанием названия, даты, адреса, категории, ключевых слов и числового рейтинга соответствия. Как видно на первом скриншоте, для пользователя, интересующегося волонтерством, система предложила встречу «Квартирник! Уютная встреча для волонтеров» с рейтингом 1.43 (значение выше 1 за счёт взвешенного суммирования). В карточке мероприятия также указаны связанные теги: квартирник, волонтерство, общение, музыка.

На рисунке справа показана карточка того же мероприятия в развёрнутом виде. Здесь детально представлены дата проведения, категория, точный адрес, а также перечень ключевых слов, по которым вычислялось семантическое сходство с интересами пользователя. Такая визуализация позволяет пользователю быстро оценить, почему событие было рекомендовано, и принять решение о посещении. Дополнительно в системе реализован картографический интерфейс, на который наносятся маркеры событий с их координатами, что упрощает планирование маршрута и учёт географического расположения.

Таким образом, предложенная система не только вычисляет семантическую близость между интересами и мероприятиями, но и предоставляет наглядный интерфейс для просмотра и анализа рекомендаций, что подтверждает практическую применимость разработанного гибридного подхода.

Заключение

Таким образом, в работе предложен подход к решению актуальной проблемы персонализированного подбора объектов в условиях информационной перегрузки, характерной для современных цифровых сервисов. Был выполнен обзор и сравнительный анализ существующих методов построения рекомендательных систем: от популярных рекомендаций и контентной фильтрации до коллаборативной фильтрации, матричной факторизации, нейросетевых и гибридных подходов. Для каждого метода были выделены его принципы, преимущества и ограничения.

На основе проведённого анализа был обоснован выбор гибридного подхода, сочетающего контентную фильтрацию, нейросетевые эмбединги текстов (модель Sentence Transformer) и косинусное сходство в качестве метрики близости. Применение эмбедингов в рекомендательных системах, как показано в [2], позволяет эффективно решать задачи персонализации в различных предметных областях. Для демонстрации работоспособности предложенного метода был создан программный прототип, реализующий подбор

мероприятий по интересам пользователя с отображением результатов на карте. Прототип подтвердил, что система корректно ранжирует объекты по степени семантической близости к интересам.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенный подход позволяет получать персонализированные рекомендации без ручного структурирования данных (тегов, категорий) и без сбора истории взаимодействий других пользователей. Это делает его применимым в условиях холодного старта, а также в предметных областях, где единственным доступным источником информации являются текстовые описания объектов. Дальнейшее развитие работы может включать дообучение модели эмбедингов на предметных данных, добавление коллаборативной фильтрации по мере накопления пользовательских взаимодействий, а также интеграцию временных и географических факторов для повышения точности рекомендаций.

Список литературы

1. Целых, А. Н. Извлечение знаний методами машинного обучения: учебное пособие по курсам «Модели и методы инженерии знаний», «Методы машинного обучения» / А. Н. Целых, Э. М. Котов. – Ростов-на-Дону, Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. – 105 с. – ISBN 978-5-9275-4215-4. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/131448.html> (дата обращения: 09.04.2026). – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Нестеренков С.Н., Лебедев А.В. Реализация рекомендательной системы в маркетплейсе на основе эмбедингов // Информационные технологии и системы 2025 (ИТС 2025) : материалы Международной научной конференции, Минск, 19 ноября 2025 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л.Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2025. – С. 89-90. – Текст : электронный // Репозиторий БГУИР : [сайт]. – URL: <https://libeloc.bsuir.by/handle/123456789/62179> (дата обращения: 11.04.2026). – Режим доступа: свободный.
3. Байгулов Р.М., Пятыхкин С.С., Сквиков Н.А. Технологии разработки рекомендательных систем // Вестник Московского гуманитарно-экономического института. – 2024. – № 4. – С. 21-26. – Текст : электронный // Электронная библиотека Финансового университета : [сайт]. – URL: <http://elib.fa.ru/art2024/bv2396.pdf> (дата обращения: 12.04.2026). – Режим доступа: свободный.
4. Ерёмин, Моркулёв. Методы реализации гибридных рекомендательных систем // КиберЛенинка. – 2023. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-realizatsii-gibridnyh-rekomendatelnyh-sistem> (дата обращения: 12.04.2026). – Режим доступа: свободный.

References

1. Tselikh, A.N., Kotov, E.M. (2022). Extraction of Knowledge by Machine Learning Methods: a textbook for the courses "Models and Methods of Knowledge Engineering", "Machine Learning Methods". Rostov-on-Don, Taganrog: Southern Federal University Press, 105 p. ISBN 978-5-9275-4215-4. Text: electronic // Digital educational resource IPR SMART: [website]. URL: <https://www.iprbookshop.ru/131448.html> (accessed: 09.04.2026). Access mode: for authorized users.
2. Nesterenkov, S.N., Lebedevich, A.V. (2025). Implementation of a recommender system in a marketplace based on embeddings. Information Technologies and Systems 2025 (ITS 2025): Proceedings of the International Scientific Conference, Minsk, November 19, 2025 / Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics; editorial board: L. Yu. Shilin [et al.]. Minsk, pp. 89-90. Text: electronic // BSUIR Repository: [website]. URL: <https://libeloc.bsuir.by/handle/123456789/62179> (accessed: 11.04.2026). Access mode: free.
3. Baigulov, R.M., Pyatyzhkin, S.S., Skovikov, N.A. (2024). Technologies for developing recommender systems. Bulletin of the Moscow University of Humanities and Economics, no. 4, pp. 21-26. Text: electronic // Financial University Electronic Library: [website]. URL: <http://elib.fa.ru/art2024/bv2396.pdf> (accessed: 12.04.2026). Access mode: free.
4. Eremin, Morkulev. (2023). Methods for implementing hybrid recommender systems. CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-realizatsii-gibridnyh-rekomendatelnyh-sistem> (accessed: 12.04.2026). Access mode: free.

УДК 004.42(004.45, 004.432)

И.А. Небаев, М.О. Первушина

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,
кафедра Информационных технологий
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ТУЛЧЕЙНА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИНФРАСТРУКТУРЕ КОМПИЛИРУЮЩЕГО КЛАСТЕРА

© И.А. Небаев, М.О. Первушина, 2026

В статье рассматривается концептуальный метод построения кроссплатформенного тулчейна для использования в вычислительном кластере. В качестве примера приводятся действия необходимые для создания полной кросс-цепочки инструментов разработки на базе языка C для целевой системы ARM. Кластерная кросс-компиляция усложняет нативную цепочку инструментов разработки, поскольку внутренние зависимости, существующие между некоторыми элементами тулчейна, должны быть разрешены явно. В статье демонстрируется пример сборки кросс-компилятора C на машине Gentoo GNU/Linux для распространения на гетерогенном кластере GNU/Linux ARM.

Ключевые слова: тулчейн, кроссплатформенность, кластерная обработка.

I.A. Nebaev, M.O. Pervushina

St. Petersburg State University of Technology and Design
191186 Russia, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 18

METHOD FOR BUILDING A CROSS-PLATFORM TOOLCHAIN FOR USE IN A COMPILER CLUSTER INFRASTRUCTURE

This article discusses a conceptual method for constructing a cross-platform toolchain for use on a computing cluster. It provides an example of the steps required to create a complete C-based cross-development toolchain for an ARM target system. Cluster cross-compilation complicates a native development toolchain, as internal dependencies between some toolchain elements must be explicitly resolved. This article demonstrates building a C cross-compiler on a Gentoo GNU/Linux machine for distribution on a heterogeneous GNU/Linux ARM cluster.

Keywords: toolchain, cross platforms, clusters.

Введение. Как известно, при создании готовых к запуску (англ. *run-ahead*) компьютерных приложений, а также программ машинного обучения из исходного текста недостаточно только средств компилятора языка, на котором ведется разработка. Необходимы также динамические и статические библиотеки, ассемблер, компоновщик и ряд других важных инструментов: интерпретатор командной оболочки, система сборки, система контроля версий и пр. Этот набор программных инструментов принято называть тулчейном (англ. *toolchain*), который можно условно перевести как «цепочку инструментов разработки». Создание тулчейна для нативной разработки, т.е. на машине с той-же архитектурой, для которой предназначена конечная программа, достаточно хорошо документировано и поддерживается всеми наиболее популярными фреймворками и платформами - Visual Studio, NetBeans, Eclipse, CodeBlocks и т.д. Однако по мере того, как кластерная обработка данных становится более доступной и распространенной среди отдельных, некорпоративных разработчиков, появляется мотивированный интерес к использованию большой и достаточно дешевой вычислительной мощности компьютерных кластеров для создания программ машинного обучения и компьютерных приложений для различных целевых платформ (ARM, MIPS, Sunway, LoongISA, LoongArch и пр.) с помощью кросс-цепочек инструментов разработки (англ. *cross development toolchain*) [1, 2].

Далее в статье проведен анализ структуры тулчейна (цепочки инструментов разработки) и общая концепция алгоритма действий, которые должны быть выполнены для построения (англ. *build*) исполняемого файла из исходного текста с использованием инструментов тулчейна для разработки приложений целевой аппаратной платформы.

Концепция. Подавляющая часть операционных систем на базе UNIX (Illumos, FreeBSD, GNU/Linux), предназначенных для настольных систем, имеет предустановленные инструменты разработки вместе с приложениями и программами системного и общего назначения. Для таких систем характерно

(англ. *linker*). Разработчики используют эти инструменты для компиляции приложений в собственных системах, если бинарные пакеты отсутствуют в репозитории, или, когда установка бинарного пакета неприменима к локальной системе по идеологическим или техническим причинам. Например, к таким системам можно отнести дистрибутив GNU/Linux Gentoo с системой портежей (англ. *portage*), унаследованной от оригинальной системы портов (англ. *ports*) FreeBSD, которая, в свою очередь, поддерживает как сборку пакетов программного обеспечения из исходных текстов, так и установку прекомпилированных бинарных пакетов (англ. *packages*). Исходя из распространенной практики для таких сценариев, системного компилятора и набора дополнительных служебных программ (нативного тулчейна) вполне достаточно [3, 4]. К сожалению, использование системного компилятора по умолчанию в ряде случаев существенно ограничено:

- В процесс разработки вовлечено большое количество машин, объединенных в компилирующий кластер (например, *distcc*). К сожалению, такая архитектура вводит ограничения, поскольку предполагает использование всех машин в кластере с одинаковой архитектурой и операционной системой, поскольку не представляется возможным смешивание объектных файлов, сгенерированных для разных целевых платформ.
- Для мультиплатформенной поддержки необходимо наличие машины (кластера) для каждой целевой платформы и операционной системы.
- Для поддержки различных выпусков (релизов) системных библиотек (например, *glibc*), часто приходится собирать программный проект под конкретную версию. Это требует или замены элемента тулчейна и отката или обновления до заданной версии библиотеки или набора утилит разработки (т.н. *binutils*), которые могут быть не установлены в системе по разным причинам, например, из-за проблем с совместимостью или поддержкой.

Преодоление подобных ограничений может быть осуществлено с помощью методов кроссплатформенной компиляции, которые позволяют подготавливать бинарные файлы для не нативных аппаратных платформ. Рассмотрим основные элементы цепочки инструментов разработки (тулчейна), принципы работы отдельных компонентов и их зависимость между собой.

Общая структура. Удобнее всего рассматривать принцип построения цепочки компиляции на примере хорошо структурированного и систематизированного тулчейна языка программирования C, используемого в качестве основного инструмента разработки критических элементов операционной системы (загрузчик, ядро и пр.). Структура тулчейна C демонстрирует модульный подход, в котором каждый из инструментов выполняет определенное (следует заметить, простое, но эффективное) преобразование. На схеме рис. 1 представлен общий вид тулчейна.

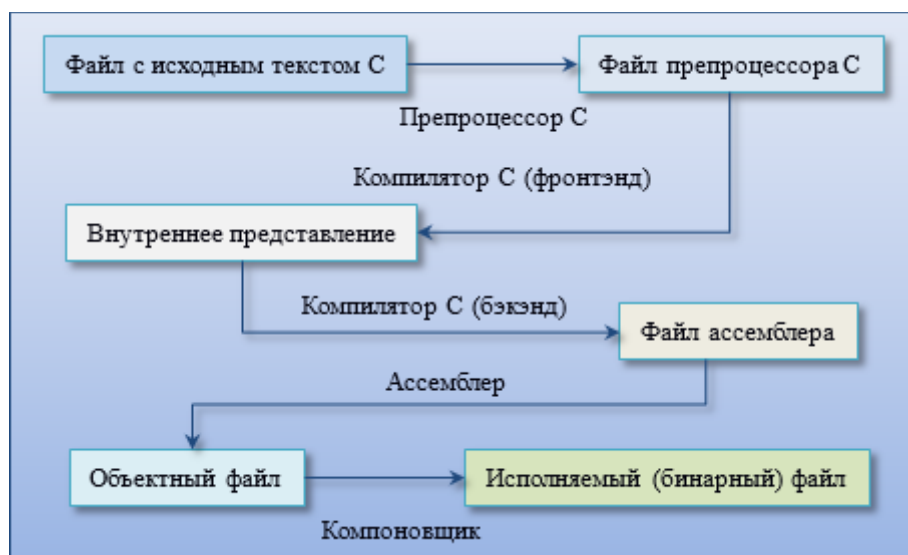


Рис. 1. Цепочка компиляции C (тулчейн)

Проведем анализ принципа работы каждого элемента цепочки, изображенного на рис. 1. Препроцессор C удаляет все комментарии из исходного текста и обрабатывает команды препроцессора: включает заголовочные файлы директивы `#include`, выполняет условную компиляцию от имени директив `#if` и разворачивает все макросы, используемые в исходном тексте программы C. Вывод препроцессора C снова представляет собой исходный код C, но без комментариев и без каких-либо директив препроцессора. Следует отметить, что большинство популярных на данный момент языков программирования, преднамеренно не поддерживают препроцессор, что не позволяет записывать препроцессорные макросы и использовать их в фазе, предвещающей компиляцию. Очевидно, что препроцессор C, на первый взгляд, не зависит от платформы, поскольку представляет собой транслятор языка C в язык C. Однако, на самом деле

(на архитектуре ia32), которые позволяют использовать платформенно-специфичные заголовочные файлы. Кроме того, во многих компиляторах (Microsoft VS, Embarcadero-Borland, GCC) препроцессор интегрирован в компилятор C, исходя из соображений производительности и возможности управления потоком данных. Именно по этим причинам препроцессор C, в реальности не является платформенно-независимым.

Компилятор C отвечает за преобразование предварительно обработанного исходного текста в ассемблерный код. Следует отметить, что часть компиляторов поддерживают встроенный ассемблер, то есть они обходят ассемблерный код, и компилируют исходный текст непосредственно в двоичный объектный код. Компилятор разделен на две части: фронтенд (англ. *frontend*) и бэкенд (англ. *backend*), которые в большинстве реализаций интегрированы в один инструмент (компилятор).

Фронтенд отвечает за преобразование исходного текста C в некоторый (часто проприетарный) промежуточный язык. Этот промежуточный язык в идеале должен быть независимым как от исходного языка, так и от целевой платформы, чтобы обеспечить легкую замену фронтенда и бэкенда. По этой причине фронтенд независим от целевой платформы. Бэкенд выполняет преобразование представления промежуточного языка в код ассемблера. Поскольку код ассемблера, очевидно, зависит от аппаратной платформы, бэкенд также является платформенно-зависимым. В результате, несмотря на независимый фронтенд, весь компилятор C не является платформенно-независимым, поскольку представляет собой интеграцию как фронтенда, так и бэкенда.

Ассемблер преобразует ассемблерный код в перемещаемый двоичный объектный код. Перемещаемый означает, что в объектном коде нет абсолютных адресов регистров памяти. Однако, если абсолютный адрес необходим, используются маркеры, которые заменяются фактическим адресом на этапе компоновки. Файлы объектного кода содержат таблицу экспортируемых символов, которые могут быть использованы объектными файлами, и неопределенные символы, требующие связи с другими объектными файлами. Поскольку как входные, так и выходные данные этой части тулчейна зависят от аппаратной платформы, ассемблер, очевидно, зависит от платформы, для которой он должен генерировать код.

Компоновщик представляет собой заключительную часть цепочки тулчейна C. Он объединяет все двоичные файлы объектного кода в один файл, заменяя маркеры абсолютными адресами и связывая вызовы функций или доступ к символам в других объектных файлах с фактическим определением. Зачастую, эти объектные файлы связаны и определены через внешние библиотеки, самой глобальной из которых, очевидно, является системная библиотека C. Результатом работы этого инструмента тулчейна обычно является исполняемый файл. По тем же причинам, что и в случае с ассемблером, компоновщик явно зависит от целевой платформы.

Кроссплатформенный тулчейн. Представление о структуре базовой цепочки инструментов разработки, позволяет подойти к осознанному созданию кроссплатформенного тулчейна. Для этого типа тулчейна используем препроцессор и компилятор C из пакета программ GNU/GCC, который является наиболее часто используемым компилятором для GNU/Linux и многих других платформ UNIX-подобных систем, указанных в начале статьи. Ассемблер и компоновщик представлен реализациями из GNU binutils. Поскольку каждая программа на C использует функции из библиотеки C, воспользуемся стандартной, для большинства UNIX-систем, общесистемной библиотекой C GNU/GLIBC. При необходимости можно связать программу с дополнительными библиотеками (математическими, функциональными и пр.), однако они не являются частью тулчейна, и используются по требованию. Далее все примеры предназначены для построения (сборки) кроссплатформенного тулчейна для системы Linux с glibc на ARM64 (v8). Кросс-компилятор собирается и работает в системе Gentoo GNU/Linux на процессоре с архитектурой amd64 (x86_64). Несмотря на возможные комбинации систем, общие принципы и структура остаются теми же.

На рис. 2 изображены функциональные зависимости между тремя пакетами, составляющими основу тулчейна.

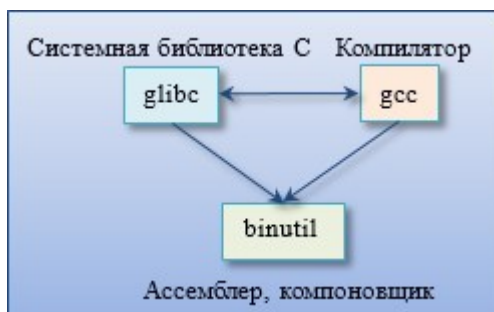


Рис. 2. Зависимости между элементами тулчейна

Очевидно, что начать построение сборочной цепочки необходимо с пакета binutils. При его первоначальной сборке необходимо включить поддержку разделяемых объектов и указать платформу хоста (место первоначальной сборки), и целевую платформу, для которой инструменты должны генерировать код:

```

sys-devel/binutils-2.45.1/configure
--enable-shared
--host=x86_64-unknown-linux
--target=aarch64-unknown-linux-gnu

```

Следующим в цепочке необходим компилятор C, однако компилятор gcc поставляется с библиотекой (libgcc), которая зависит от частей библиотеки C (glibc). По этой причине необходимо собирать библиотеку C и все остальные библиотеки в нативной (хост) системе и копировать бинарные файлы в тулчейн кросс-компилятора. Из-за того, что библиотеки времени выполнения (англ. *exec lib*) зависят от библиотеки C, система попадает в циркулярную зависимость (она изображена в верхней части рис. 2). Чтобы преодолеть эту зависимость необходимо собрать упрощенную версию компилятора (мини-компилятор), которая будет лишена части функций, однако сможет выполнить компиляцию полной версии. Такая техника называется бутстрапिंगом (англ. *bootstrapping*). В этом случае отношения зависимостей между элементами тулчейна изображены на рис. 3.

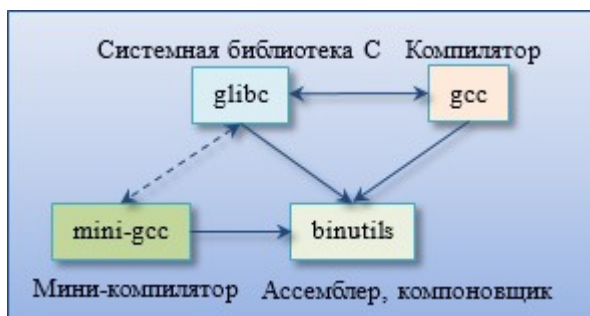


Рис. 3. Зависимости между элементами тулчейна

При этом функционально сборку мини-компилятора нужно существенно ограничить, отключив все зависимости, обращенные к glibc и другим недоступным на данный момент библиотекам – поддержки многоязыкового окружения (nls), кросс-библиотекам для запуска 32/64 битных программ и пр.:

```

sys-devel/gcc-14.3.1/configure
--enable-language=c
--target=aarch64-unknown-linux-gnu
--disable-nls
--disable-multilib
--disable-shared
--enable-threads=single

```

После сборки мини-компилятора C становится возможным собрать полноценную системную библиотеку C. Следует отметить, что для сборки glibc, в системах на базе UNIX, также необходимы некоторые заголовочные файлы языка C (англ. *headers*) ядра системы:

```

sys-libs/glibc-2.42/configure
--host=aarch64-unknown-linux
--build=x86_64-unknown-linux
--prefix=/cross/aarch64
--with-headers=/linux/include
--disable=profile

```

Следует обратить внимание, что параметр *host* отличается, поскольку glibc фактически должен запускаться на целевой платформе, а не на хосте сборки. Параметр *-prefix* указывает, что glibc должен быть помещен в подкаталог, специфичный для целевой платформы, внутри каталога установки, а не непосредственно в каталог установки. Помимо этого, в конфигурации указан путь к заголовочным файлам C ядра ОС. После завершения сборки системной библиотеки, часто необходимо вручную скопировать заголовочные файлы C ядра системы в каталог целевой системы.

После доступа к полной библиотеке C, становится возможным собрать полнофункциональный компилятор. Этот итеративный процесс и называется бутстрапिंगом: вновь пересобирая компилятор, можно добавить все языковые расширения, библиотеки времени выполнения и т.д.

На этом этапе построение цепочки кросс-тулчейна можно считать законченным. Все инструменты нового тулчейна должны вести себя так же, как и нативные инструменты в хост-системе, за исключением того, что они генерируют код для другой целевой аппаратной платформы.

Тулчейн в кластере. Существуют различные методы использования кросс-тулчейна на кластере: для ускорения компиляции больших приложений или распределения заданий компиляции среди множества маленьких систем. Рассмотрим некоторые решения.

Наибольший уровень масштабируемости достигается распределением заданий между узлами кластера. Сборочная система на основе утилиты `make` один из базовых инструментов, используемых для контроля массовой сборки приложений. Традиционно, для масштабирования сборочной системы на кластер, утилита `make` надстраивается некоторой оболочкой, распределяющей команды для выполнения на узлах кластера (рис. 4).

К сожалению, большой недостаток данного метода заключается в том, что он основан на централизованном файловом хранилище, предполагающем идентичные инсталляции на всех узлах. Однако это ограничение можно обойти, снизив объем рабочей нагрузки, распределяемой между узлами кластера, этапами компиляции и сборки. При этом предварительная обработка и компоновка выполняются непосредственно на системе, где был запущен процесс сборки, и, следовательно, не поддерживают параллелизации (одновременного выполнения на кластере). Распараллеливаются только задачи компиляции, все остальные команды выполняются непосредственно на системе, где был запущен процесс сборки.

Преимущество данного подхода заключается в том, что для работы на каждом узле необходим только кросс-компилятор и ассемблер. Заголовочные файлы и библиотеки необходимы только на той системе, которая запускает сборку. Такой подход реализован в пакете `distcc`, который представляет собой драйвер компилятора `gcc`. Предварительная обработка и компоновка выполняются почти так же, как и в стандартном компиляторе, но фактические задачи компиляции и ассемблирования распределяются между различными узлами в сети кластера.

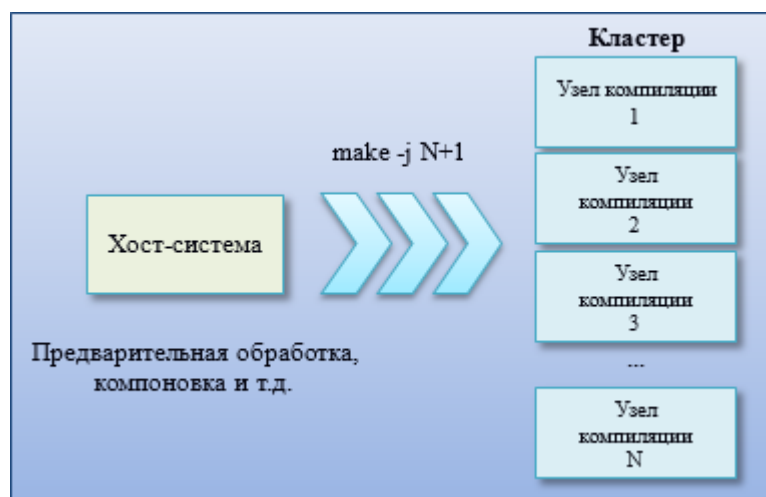


Рис. 4. Распределенная кросс-компиляция

Несмотря на то, что данное решение, очевидно, не обеспечивает такой же степени масштабируемости, поскольку не все задачи могут быть распараллелены, в большинстве ситуаций - это единственное решение, поскольку, представляется очень сложным обеспечить однородную среду сборки на кластере компьютерных систем.

Закключение. В заключение необходимо подчеркнуть, что создание и использование кросс-тулчейна представляет собой итеративный процесс, часто повторяющийся из-за необходимости выполнения бутстрапинга для различных элементов цепочки, возникновения, поиска и исправления многочисленных мелких ошибок в связующем коде программ и оболочек среды сборки, а также несовместимостей версий возникающих, зачастую, из-за неоднородности систем. Однако при наличии некоторых базовых знаний о том, как работает тулчейн-система и, следовательно, в чем источник этих проблем, в большинстве случаев их можно обойти. Особая привлекательность кросс-тулчейна возникает при использовании распределенной компиляции в кластере [3, 4]. При этом такой кластер может быть организован как на базе офисных ПК, которые большую часть времени находятся в состоянии простоя (англ. *idle*), так и на основе множества типовых доступных одноплатных компьютеров (*Single Board Computer, SBC*) на базе SoC-архитектур ARM64 – Raspberry Pi, Pine64, OrangePi, CubieBoard и пр.

Список литературы

1. *Воронов, М. В.* Системы искусственного интеллекта : Учебник и практикум / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. – 2-е изд., пер. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2024. – 268 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-17032-0.
2. *Небаев, И. А.* Усовершенствование алгоритма кластерного поиска на многомерных решетках для прогнозирования свойств композитных структур методом машинного обучения / И. А. Небаев, М. О. Первушина, Р. Т. Раджабов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. – 2025. – № 2. – С. 53-58. – DOI 10.46418/2079-8199_2025_2_11.
3. *Небаев, И. А.* Объектно-ориентированный подход при программировании глубоких нейронных сетей на языке C# / И. А. Небаев, М. О. Первушина// ПРОМТЕХДИЗАЙН. Естественные и технические науки : Сборник статей всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием, Санкт-Петербург, 01–27 апреля 2025 года. Часть 3. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2025. – С. 163-167.
4. *Небаев, И. А.* Разработка интеллектуальной информационной системы в области микробиологии с поддержкой функций принятия решений на основе машинного обучения / И. А. Небаев, М. О. Первушина, Е. С. Кокорин // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. – 2023. – № 1. – С. 45-51. – DOI 10.46418/2079-8199_2023_1_7.

References

1. *Voronov, M. V.* Sistemy iskusstvennogo intellekta : uchebnik i praktikum dlya vuzov / M. V. Voronov, V. I. Pimenov, I. A. Nebaev. — 2 edition – Moskva : Izdatel'stvo YUrajt, 2024. — 268 s. — (Vysshee obrazovanie). — ISBN 978-5-534-17032-0.
2. *Nebaev, I. A.* Usovershenstvovanie algoritma klasternogo poiska na mnogomernyh reshetkah dlya prognozirovaniya svoystv kompozitnyh struktur metodom mashinnogo obucheniya / I. A. Nebaev, M. O. Pervushina, R. T. Radzhabov // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 1: Estestvennyye i tekhnicheskie nauki. – 2025. – № 2. – S. 53-58. – DOI 10.46418/2079-8199_2025_2_11.
3. *Nebaev, I. A.* Ob"ektно-orientirovannyj podhod pri programmirovanii glubokih nejronnyh setej na yazyke C# / I. A. Nebaev, M. O. Pervushina// PROMTEKHDIZAJN. Estestvennyye i tekhnicheskie nauki : Sbornik statej vserossijskoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh s mezhdunarodnym uchastiem, Sankt-Peterburg, 01–27 aprelya 2025 goda. CHast' 3. – Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet promyshlennyh tekhnologij i dizajna, 2025. – S. 163-167.
4. *Nebaev, I. A.* Razrabotka intellektual'noj informacionnoj sistemy v oblasti mikrobiologii s podderzhkoj funkcij prinyatiya reshenij na osnove mashinnogo obucheniya / I. A. Nebaev, M. O. Pervushina, E. S. Kokorin // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna. Seriya 1: Estestvennyye i tekhnicheskie nauki. – 2023. – № 1. – S. 45-51. – DOI 10.46418/2079-8199_2023_1_7.

УДК 004.8(004.912)

Г.Б. Никифоров¹, В.И. Пименов², Е.В. Надобников¹¹Псковский государственный университет
180000, Псков, пл. Ленина, 2²Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**ПОТОКОВАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ АНАЛИЗА ТОНАЛЬНОСТИ ФИНАНСОВЫХ НОВОСТЕЙ С ДИНАМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКОЙ КАЧЕСТВА**

© Г.Б. Никифоров, В.И. Пименов, Е.В. Надобников, 2026

В работе проводится сравнительное исследование моделей анализа тональности финансовых новостей в потоковой постановке задачи. Рассматриваются модели на основе TF-IDF и эмбедингов, большая языковая модель и их комбинации. Предложена формализация задачи с учётом временной упорядоченности данных и применена процедура динамической оценки качества, основанная на префиксной схеме обучения и тестирования. Эксперимент выполнен на датасете FiNeS. Показано, что модели существенно различаются по характеру изменения качества во времени, а наилучшие результаты достигаются при объединении предсказаний обучаемой модели и большой языковой модели. Полученные результаты подтверждают эффективность комбинированного подхода в условиях последовательного поступления данных.

Ключевые слова: анализ тональности, финансовые новости, потоковая обработка данных, большие языковые модели, динамическая оценка качества.

G.B. Nikiforov¹, V.I. Pimenov², E.V. Nadobnikov¹¹Pskov State University
180000, Pskov, sq. Lenin, 2²Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**STREAMING PROBLEM SETTING OF FINANCIAL NEWS SENTIMENT ANALYSIS WITH DYNAMIC MODEL PERFORMANCE EVALUATION**

This paper presents a comparative study of sentiment analysis models for financial news in streaming problem setting. Models based on TF-IDF and text embeddings, a large language model, and their combination are considered. A formalization of the problem that accounts for temporal ordering of data is proposed, and a dynamic evaluation procedure based on a prefix training–testing scheme is applied. The experiment is conducted on the FiNeS dataset. The results show that the models differ significantly in their performance dynamics, while the best results are achieved by combining predictions from a trainable model and a large language model. The findings confirm the effectiveness of the combined approach under sequential data arrival conditions.

Keywords: sentiment analysis, financial news, streaming data processing, large language models, dynamic model performance evaluation.

Введение. Анализ тональности текстов является важной задачей обработки естественного языка и широко применяется в задачах финансовой аналитики, включая оценку влияния новостного фона на динамику стоимости активов. В условиях фондового рынка оперативная интерпретация текстовой информации позволяет формировать дополнительные признаки для моделей прогнозирования и поддержки принятия инвестиционных решений [1].

Традиционно оценка качества моделей анализа тональности осуществляется в статической постановке, предполагающей случайное разбиение данных на обучающую и тестовую выборки. Такой подход не учитывает временную упорядоченность наблюдений и допускает использование информации из будущего при обучении модели, что приводит к искажению результатов и снижает их применимость в реальных условиях [2].

В практических сценариях данные поступают последовательно во времени, а истинные значения целевой переменной становятся доступны с задержкой. Это требует использования процедур оценки, в

которых модель формирует предсказания на текущих наблюдениях и обновляется по мере поступления истинных значений, без доступа к будущей информации [3].

Сравнительные исследования моделей анализа тональности финансовых новостей в потоковой постановке задачи с использованием процедуры динамической оценки качества моделей представлены существенно менее широко, чем исследования в статической постановке задачи [4]. Финансовые текстовые данные характеризуются нестационарностью и подвержены временным сдвигам распределения, обусловленным изменениями рыночной среды, что приводит к деградации качества моделей при переходе от обучающей выборки к данным будущих периодов [5]. В частности, недостаточно изучены особенности поведения различных классов моделей — от классических методов с разреженными признаками до моделей на основе различных векторных представлений и больших языковых моделей — в условиях последовательного накопления данных.

В данной работе проводится сравнительное исследование моделей анализа тональности финансовых новостей в потоковой постановке задачи. Рассматриваются четыре модели [6]: модель на основе TF-IDF и стохастического градиентного спуска (Stochastic Gradient Descent, SGD); модель на основе эмбеддингов (Embeddings) и стохастического градиентного спуска; большая языковая модель (Large Language Model, LLM); а также комбинированная модель. Оценка качества осуществляется в рамках процедуры динамической оценки с использованием коэффициента детерминации R^2 , рассчитываемого на накопленных предсказаниях тональности.

Целью работы является сравнительный анализ эффективности указанных моделей в условиях потоковой постановки задачи.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. формализация потоковой постановки задачи анализа тональности;
2. применение процедуры динамической оценки качества моделей;
3. реализация и настройка рассматриваемых моделей;
4. проведение экспериментального исследования и анализ полученных результатов.

Вклад работы заключается в формализации потоковой постановки задачи анализа тональности, применении процедуры динамической оценки и проведении сопоставимого сравнительного анализа моделей различных классов в условиях последовательного поступления данных.

Потоковая постановка задачи анализа тональности. Рассматривается задача анализа тональности финансовых новостей в условиях последовательного поступления данных. Пусть задан упорядоченный по времени поток новостей:

$$S = \{(x_i, y_i, t_i)\}_{i=1}^N,$$

где: x_i – заголовок i -й новости; $y_i \in R$ – значение тональности новости; t_i – временная метка публикации; i – порядковый номер новости, N – общее число новостей в потоке.

Предполагается, что поток новостей строго упорядочен по времени:

$$t_{i-1} < t_i, i = 2, \dots, N,$$

где: t_{i-1} предшествует t_i , то есть временная метка $(i-1)$ -й новости строго меньше временной метки i -й новости.

В потоковой постановке задачи на шаге k доступен только префикс выборки:

$$S_k = \{(x_i, y_i, t_i)\}_{i=1}^k \quad (1)$$

где: S_k – префикс исходного потока длины k ; k – номер шага, соответствующий числу уже поступивших наблюдений; i – порядковый номер новости.

Требуется построить модель анализа тональности:

$$F: x \rightarrow \hat{y},$$

где: F – отображение, задающее модель анализа тональности; x – заголовок новости; \hat{y} – предсказанное значение тональности.

Модель F_k обучается на префиксе S_k и используется для предсказания значения тональности \hat{y}_{k+1} следующего новостного заголовка x_{k+1} .

В отличие от статической постановки задачи, основанной на случайном разбиении выборки, рассматриваемая задача предполагает последовательное поступление данных и недоступность будущих наблюдений на момент формирования предсказания тональности. Это требует использования процедур оценки, учитывающих временную упорядоченность данных и исключающих утечку информации из будущего.

Процедура динамической оценки. Для решения сформулированной задачи используется процедура динамической оценки, основанная на префиксной схеме обучения и тестирования, предполагающей итеративное обучение и оценку моделей по мере расширения доступного объема данных.

Пусть задан минимальный размер обучающего префикса k_0 , обеспечивающий возможность корректного обучения модели. Для каждого шага $k = k_0, \dots, N-1$ выполняется алгоритм:

1. формируется обучающая выборка в виде префикса потока S_k (см. формулу 1);
2. обучается модель F_k на префиксе S_k ;
3. вычисляется предсказание тональности:

$$\hat{y}_{k+1} = F_k(x_{k+1}),$$

где: F_k – используемая модель, x_{k+1} – наблюдение, для которого формируется предсказание тональности;

4. после получения истинного значения y_{k+1} производится накопление предсказаний и истинных значений, необходимых для вычисления коэффициента детерминации R^2 .

На каждом шаге используется только информация, доступная на момент времени k , что исключает утечку из будущих наблюдений.

Для оценки качества модели используется последовательность предсказаний тональности и соответствующих им истинных значений:

$$\{(y_i, \hat{y}_i)\}_{i=k_0+1}^N,$$

формируемая на каждом шаге.

Коэффициент детерминации R^2 на каждом шаге k определяется по накопленным значениям:

$$R_k^2 = 1 - \frac{\sum_{i=k_0+1}^k (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=k_0+1}^k (y_i - \bar{y}_k)^2},$$

где: y_i – истинное значение тональности i -го наблюдения; \hat{y}_i – предсказанное значение, полученное моделью, обученной на префиксе S_{i-1} ; \bar{y}_k – среднее значение целевой переменной на множестве $\{y_i\}_{i=k_0+1}^k$; k_0 – минимальный размер обучающего префикса; k – номер текущего шага.

В отличие от случайного разбиения выборки, обучение выполняется только на прошлых наблюдениях, а оценка — на последующих. Это исключает использование будущих данных и позволяет отслеживать изменение качества модели по мере накопления наблюдений.

Используемые модели. В рамках исследования рассмотрены четыре модели анализа тональности финансовых новостей, различающиеся способами представления текстовых данных и формирования предсказаний.

В качестве базовой используется модель, основанная на представлении текстов с помощью TF-IDF признаков и линейной регрессионной модели, обучаемой стохастическим градиентным спуском. Векторизация выполняется с использованием метода TF-IDF без учёта семантической близости слов.

Во второй модели тексты преобразуются в эмбединги с использованием модели EmbeddingsGigaR [7]. Полученные эмбединги используются в качестве входных признаков для линейной регрессионной модели, обучаемой стохастическим градиентным спуском.

Третья модель основана на использовании большой языковой модели GigaChat-2-Pro [8] для получения оценок тональности без дополнительного обучения (zero-shot [9]). Для каждого текста формируется запрос, в котором модель напрямую предсказывает значение тональности без дополнительного обучения на рассматриваемом датасете. Полученные значения используются как самостоятельные предсказания.

В четвёртой модели используется комбинация предсказаний большой языковой модели и линейной регрессионной модели на эмбедингах. Итоговое значение тональности \hat{y} определяется как взвешенное среднее:

$$\hat{y} = \alpha \cdot \hat{y}_{LLM} + (1 - \alpha) \cdot \hat{y}_{Emb},$$

где: \hat{y}_{LLM} – предсказание тональности, полученное большой языковой моделью, \hat{y}_{Emb} – предсказание, полученное регрессионной моделью на эмбедингах, α – весовой коэффициент. В рамках эксперимента значение $\alpha=0.5$. Данная модель направлена на объединение семантических возможностей большой языковой модели и способности обучаемой модели учитывать накопленные данные.

Описание эксперимента. Экспериментальное исследование проводилось на датасете FiNeS (Financial News Sentiment) [10], содержащем 532 наблюдения, представленных заголовками финансовых новостей с числовыми оценками тональности, полученными методом лучшего-худшего масштабирования.

Данные предварительно упорядочены по времени публикации и используются без перемешивания. Такая организация выборки соответствует потоковой постановке задачи и позволяет корректно моделировать последовательное поступление наблюдений.

В рамках эксперимента использовалась префиксная схема обучения и тестирования моделей, при которой обучение выполняется на начальной части выборки, а предсказание — для следующего наблюдения. Минимальный размер обучающего префикса установлен равным $k_0=30$.

Для моделей, использующих стохастический градиентный спуск, гиперпараметры подбирались предварительно с использованием кросс-валидации. Рассматривались различные функции потерь, значения коэффициента регуляризации и параметры шага обучения. Выбранные значения фиксировались и использовались на всех шагах эксперимента.

Для моделей на основе эмбеддингов использовались заранее вычисленные векторные представления текстов, сформированные с использованием инструкционного запроса, ориентированного на задачу определения тональности. Для большой языковой модели предсказания тональности формировались без дополнительного обучения на датасете FiNeS.

Результаты. На рис. 1 представлено изменение коэффициента детерминации R^2 в зависимости от размера обучающего префикса k для рассматриваемых моделей.

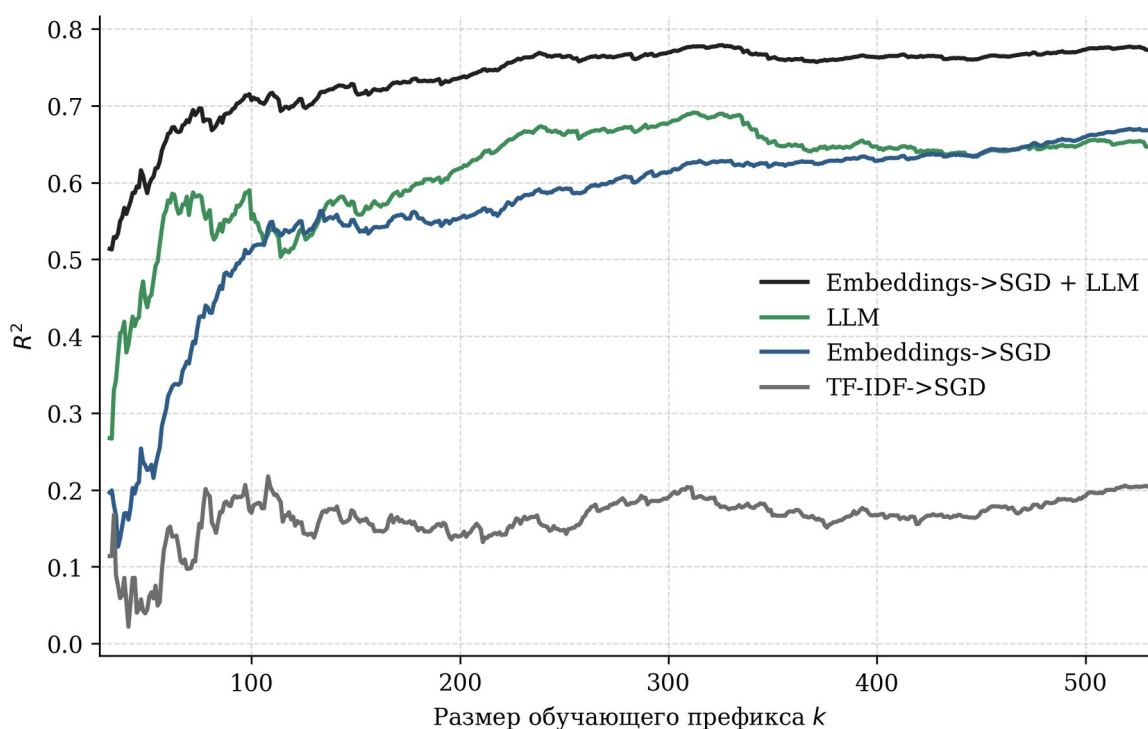


Рис. 1. Изменение коэффициента детерминации R^2 в зависимости от размера обучающего префикса k

На начальных этапах (при малых значениях k) для обучаемых моделей наблюдается выраженный рост коэффициента детерминации R^2 . По мере увеличения размера обучающей выборки качество модели сглаживается, и значения коэффициента детерминации R^2 переходят в стационарный режим с незначительными колебаниями.

Модель на основе TF-IDF (TF-IDF->SGD) демонстрирует наименьшие значения коэффициента детерминации на всём интервале. После начального роста коэффициент детерминации R^2 стабилизируется в диапазоне 0,15–0,22. Итоговое значение коэффициента детерминации R^2 составляет 0,20.

По сравнению с TF-IDF->SGD, модель на основе эмбеддингов (Embeddings->SGD) демонстрирует существенно более высокие значения. На ранних шагах наблюдается быстрый прирост значений коэффициента детерминации R^2 до 0,52, после чего рост коэффициента детерминации R^2 замедляется и переходит в плавное увеличение до 0,67.

Для большой языковой модели (LLM) значения коэффициента детерминации R^2 практически сразу достигают диапазона 0,60–0,69 и далее колеблются в его пределах без выраженного тренда.

Наилучшие результаты достигаются при использовании комбинированного подхода (Embeddings->SGD + LLM). Значения коэффициента детерминации R^2 на всём интервале превышают показатели других моделей и после начального роста стабилизируются на уровне 0,75–0,78.

Обсуждение результатов. Различия между моделями связаны с используемыми способами представления текстов и формирования предсказаний. В потоковой постановке задачи это проявляется в характере изменения значений коэффициента детерминации R^2 при увеличении длины префикса.

Низкие значения коэффициента детерминации при использовании модели TF-IDF->SGD связаны с тем, что статистические способы представления текста не отражают семантические связи между заголовками. В условиях ограниченного объёма обучающей выборки такие признаки оказываются недостаточно информативными, и увеличение числа наблюдений не приводит к заметному росту качества (коэффициент детерминации R^2 остаётся в диапазоне 0,15–0,22).

Для модели Embeddings->SGD наблюдается быстрый рост коэффициента детерминации R^2 на начальных шагах с последующей стабилизацией. Такое поведение указывает на то, что использование эмбедингов позволяет извлекать более информативные признаки, однако дальнейшее улучшение качества ограничено выбранной регрессионной моделью и фиксированным признаковым представлением, которое не изменяется по мере накопления данных. После достижения определённого уровня ($R^2=0,52$) дальнейший рост коэффициента детерминации R^2 существенно замедляется.

Модель LLM демонстрирует сопоставимые значения коэффициента детерминации R^2 , однако имеет иную природу динамики. В отличие от обучаемых моделей, большая языковая модель не обновляется по мере поступления новых наблюдений. Поэтому изменение накопленной оценки качества связано не с обучением модели, а с накоплением предсказаний и стабилизацией значения коэффициента детерминации R^2 .

Наибольшие значения коэффициента детерминации R^2 достигаются для комбинированной модели. На последних шагах прирост относительно LLM и Embeddings->SGD составляет порядка 0,06–0,11. Из этого следует, что предсказания моделей дополняют друг друга. Первая учитывает накопленные данные за счёт обучения на расширяющемся префиксе, вторая вносит дополнительную семантическую информацию, не зависящую от объёма обучающей выборки. Их объединение позволяет получить более высокие и более устойчивые значения коэффициента детерминации R^2 на всём интервале наблюдений.

Динамика коэффициента детерминации R^2 для обучаемых моделей отражает процесс накопления данных и изменения обобщающей способности модели, тогда как для большой языковой модели она отражает только изменение накопленной оценки качества. В рамках рассматриваемого набора данных объединение предсказаний обучаемых моделей и большой языковой модели приводит к повышению качества, что делает данный подход перспективным для дальнейшего изучения.

Заключение. В работе проведено сравнительное исследование моделей анализа тональности финансовых новостей в потоковой постановке задачи с использованием динамической процедуры оценки качества моделей анализа тональности на основе коэффициента детерминации R^2 . Используемая префиксная схема обучения и тестирования моделей позволяет корректно воспроизводить условия последовательного поступления данных и исключать утечку информации из будущих наблюдений. В отличие от статических процедур оценки, предложенный подход позволяет сопоставлять динамику качества моделей в условиях последовательного накопления данных.

В рамках проведённого эксперимента наибольший коэффициент детерминации R^2 показала комбинированная модель, объединяющая предсказания модели на основе эмбедингов и большой языковой модели, что указывает на эффективность объединения обучаемых и предобученных моделей.

К ограничениям исследования относятся: небольшой объём выборки, что может ограничивать устойчивость оценок качества, фиксированные на основе полной выборки гиперпараметры моделей, которые не адаптируются к актуальному размеру префикса, что приводит к неоптимальной настройке моделей на ранних шагах; использование фиксированного весового коэффициента объединения предсказаний, что ограничивает гибкость объединения различных источников предсказаний.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой адаптивных методов интеграции моделей, онлайн-обучением и расширением экспериментальной базы. Возможен анализ поведения моделей при концептуальном дрейфе и переход к адаптивным методам взвешивания предсказаний. Дальнейшее повышение качества комбинированных моделей связано с разработкой методов адаптивного объединения различных источников информации. Также может быть рассмотрено использование более сложных моделей, учитывающих нелинейные зависимости и временную структуру данных.

Список литературы

1. Davidovic M., McCleary J. News Sentiment and Stock Market Dynamics: A Machine Learning Investigation // Journal of Risk and Financial Management. 2025. Vol. 18. No. 8. Art. 412. P. 1–54. DOI: 10.3390/jrfm18080412.
2. Bergmeir C., Hyndman R.J., Koo B. A note on the validity of cross-validation for evaluating autoregressive time series prediction // Computational Statistics & Data Analysis. 2018. Vol. 120. P. 70–83. DOI: 10.1016/j.csda.2017.11.003.
3. A practical guide to streaming continual learning / A. Cossu, F. Giannini, G. Ziffer et al. // Neurocomputing. 2026. Vol. 674. Art. 132951. P. 1–42. DOI: 10.1016/j.neucom.2026.132951.
4. Recent advancements and challenges of NLP-based sentiment analysis: A state-of-the-art review / J.R. Jim, M.A.R. Talukder, P. Malakar // Natural Language Processing Journal. 2024. Vol. 6. Art. 100059. P. 1–30. DOI:

10.1016/j.nlp.2024.100059.

5. Guo Y., Hu C., Yang Y. Predict the Future from the Past? On the Temporal Data Distribution Shift in Financial Sentiment Classifications // Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Singapore: Association for Computational Linguistics, 2023. P. 1029–1038. DOI: 10.18653/v1/2023.emnlp-main.65.

6. When Text Embedding Meets Large Language Model: A Comprehensive Survey / Z. Nie, Z. Feng, M. Li et al. // arXiv. 2024. P. 1–44. DOI: 10.48550/arXiv.2412.09165.

7. Kolodin E., Ianina A. GigaEmbeddings — Efficient Russian Language Embedding Model // Proceedings of the 10th Workshop on Slavic Natural Language Processing. Vienna: Association for Computational Linguistics, 2025. P. 17–24. DOI: 10.18653/v1/2025.bsnlp-1.3.

8. GigaChat team. GigaChat Family: Efficient Russian Language Modeling Through Mixture of Experts Architecture // arXiv. 2025. P. 1–14. DOI: 10.48550/arXiv.2506.09440.

9. Language Models are Few-Shot Learners / T.B. Brown, B. Mann, N. Ryder et al. // Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Vol. 33. P. 1877–1901. DOI: 10.48550/arXiv.2005.14165.

10. Financial News Sentiment Dataset (FiNeS). URL: <https://github.com/WebOfRussia/financial-news-sentiment> (дата обращения: 26.03.2026).

References

1. Davidovic M., McCleary J. News Sentiment and Stock Market Dynamics: A Machine Learning Investigation // Journal of Risk and Financial Management. 2025. Vol. 18. No. 8. Art. 412. P. 1–54. DOI: 10.3390/jrfm18080412.

2. Bergmeir C., Hyndman R.J., Koo B. A note on the validity of cross-validation for evaluating autoregressive time series prediction // Computational Statistics & Data Analysis. 2018. Vol. 120. P. 70–83. DOI: 10.1016/j.csda.2017.11.003.

3. A practical guide to streaming continual learning / A. Cossu, F. Giannini, G. Ziffer et al. // Neurocomputing. 2026. Vol. 674. Art. 132951. P. 1–42. DOI: 10.1016/j.neucom.2026.132951.

4. Recent advancements and challenges of NLP-based sentiment analysis: A state-of-the-art review / J.R. Jim, M.A.R. Talukder, P. Malakar // Natural Language Processing Journal. 2024. Vol. 6. Art. 100059. P. 1–30. DOI: 10.1016/j.nlp.2024.100059.

5. Guo Y., Hu C., Yang Y. Predict the Future from the Past? On the Temporal Data Distribution Shift in Financial Sentiment Classifications // Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing. Singapore: Association for Computational Linguistics, 2023. P. 1029–1038. DOI: 10.18653/v1/2023.emnlp-main.65.

6. When Text Embedding Meets Large Language Model: A Comprehensive Survey / Z. Nie, Z. Feng, M. Li et al. // arXiv. 2024. P. 1–44. DOI: 10.48550/arXiv.2412.09165.

7. Kolodin E., Ianina A. GigaEmbeddings — Efficient Russian Language Embedding Model // Proceedings of the 10th Workshop on Slavic Natural Language Processing. Vienna: Association for Computational Linguistics, 2025. P. 17–24. DOI: 10.18653/v1/2025.bsnlp-1.3.

8. GigaChat team. GigaChat Family: Efficient Russian Language Modeling Through Mixture of Experts Architecture // arXiv. 2025. P. 1–14. DOI: 10.48550/arXiv.2506.09440.

9. Language Models are Few-Shot Learners / T.B. Brown, B. Mann, N. Ryder et al. // Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Vol. 33. P. 1877–1901. DOI: 10.48550/arXiv.2005.14165.

10. Financial News Sentiment Dataset (FiNeS). URL: <https://github.com/WebOfRussia/financial-news-sentiment> (date accessed: 26.03.2026).

УДК 004.89

А.М. Хлопцева, К.А. ПанасюкСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д.18**ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

© А.М. Хлопцева, К.А. Панасюк, 2026

В этой статье описываются способы применения средств искусственного интеллекта в рамках текстильной промышленности, а именно: современные методы анализа и прогнозирования рыночных трендов в текстильной индустрии с помощью искусственного интеллекта. Рассматриваются инструменты визуализации данных и рекомендательные системы для оптимизации выбора материалов. В заключении на примере подбора ткани для летнего платья показано, как ИИ помогает принимать обоснованные решения на основе технических характеристик и экономических факторов.

Ключевые слова: прогноз спроса, текстильные материалы, технические показатели, искусственный интеллект (ИИ), анализ материалов.

А.М. Khloptseva, K.A. PanasyukSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TEXTILE INDUSTRY**

This article describes the application of artificial intelligence in the textile industry, namely: modern methods of analyzing and forecasting market trends in the textile industry using artificial intelligence. Data visualization tools and recommendation systems for optimizing material selection are considered. Finally, using the example of selecting fabric for a summer dress, we show how AI helps to make informed decisions based on technical characteristics and economic factors.

Keywords: demand forecast, textile materials, technical indicators, artificial intelligence (AI), materials analysis.

Современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) активно внедряются в текстильную промышленность, помогая оптимизировать производство, прогнозировать спрос, улучшать дизайн и выбирать материалы.

Одна из возможностей применения ИИ в текстильной промышленности это умение анализировать различные свойства текстильных материалов для конкретной задачи и сравнивать полученные результаты. Сравнительная характеристика текстильных материалов — важный инструмент для производителей, дизайнеров и технологов. Она помогает создавать оптимальные материалы, снижать их себестоимость, улучшать качество продукции и удовлетворять запросы потребителей. Сравнительную характеристику можно проводить, используя средства ИИ. В нашей работе мы использовали нейросеть – Deepseek, которая создана для понимания естественного языка и организации диалога, чтобы решать такие задачи, как генерация текста, написание кода, анализ данных и ответы на вопросы. Это одноимённая модель искусственного интеллекта, представляющая собой семейство больших языковых моделей (LLM - Large Language Models) с открытым исходным кодом.

Основные задачи сравнительной характеристики в текстильной промышленности.

Все перечисленные дальше задачи — это основные направления применения сравнительной характеристики в текстильной промышленности. Они включают в себя выбор оптимального материала для конкретного изделия, оценку его экономической эффективности, контроль качества и соответствие стандартам, разработку новых композитных материалов, анализ устойчивости к внешним воздействиям и подбор материалов для различных сегментов рынка.

Например, при создании летних платьев сравнивают такие материалы, как хлопок, лен, вискозу и полиэстер по различным параметрам. В частности, воздухопроницаемость у них различна: хлопок и лен

лидируют в этом показателе, что делает их предпочтительными для летней одежды. Гигроскопичность лучше проявляют шелк и тенсел, поскольку они лучше впитывают влагу, повышая комфорт при носке. В то же время износостойкость важна для долговечности изделия — полиэстер в этом отношении превосходит натуральные ткани благодаря своей прочности. [1]

Что касается оценки экономической эффективности, то здесь, как пример можно взять сравнение натурального шелка и искусственного ацетатного шелка. В результате можно увидеть, что себестоимость последнего ниже примерно на 40%. Однако при этом натуральный шелк обладает большей долговечностью и престижностью, что важно для сегментов премиум-класса. [2]

В вопросах контроля качества и соответствия стандартам за пример можно взять сравнение хлопка из Узбекистана и египетского хлопка с длинным волокном (Extra Long Staple). В этом случае длина волокна у ELS хлопка обеспечивает более высокую прочность ткани и равномерность окрашивания. [3]

Разработка новых композитных материалов — ещё одна важная задача. Например, при сравнении чистого хлопка и хлопка с добавлением эластана видно, что добавление 5% эластана улучшает растяжимость ткани, делая её более удобной для облегающих платьев. При этом чистый хлопок остаётся более экологичным вариантом.

Анализ устойчивости к внешним воздействиям помогает выбрать наиболее подходящий материал в зависимости от условий эксплуатации. Так, по сравнению льна и полиэстера можно отметить, что полиэстер лучше сохраняет цвет под воздействием УФ-излучения (выцветает медленнее), тогда как лен может дать усадку при контакте с влагой. [4]

Наконец, подбор материалов для разных сегментов рынка — ещё одна важная задача. Для масс-маркета предпочтительнее использовать вискозу — недорогой и красивый материал. В то время как для премиум-сегмента выбирают тенсел — экологичный и удобный материал.

Сравнительный анализ при помощи ИИ.

ИИ значительно ускоряет и автоматизирует сравнительный анализ текстильных материалов, делая его более точным и адаптивным. Далее будут описаны ключевые методы и инструменты, которые используются в технологиях ИИ.

В качестве примера можно привести сравнение цен на хлопок из разных регионов (Узбекистан, Египет, США) с учетом курса валют. Сбор и обработка данных осуществляется с помощью ИИ-парсеров, например, на Python с использованием библиотеки BeautifulSoup, которые собирают данные из открытых источников, такие как технические спецификации, отзывы покупателей и научные статьи.

Обработка неструктурированных данных выполняется с помощью NLP-моделей, таких как GPT-4 и BERT, которые анализируют отзывы покупателей и выделяют частые жалобы. Например, можно выявить, что покупатели жалуются на то, что платье из вискозы быстро теряет форму. Для этого используют инструменты вроде Google Cloud Natural Language API и spaCy. Также проводится кластеризация отзывов о летних платьях по ключевым параметрам: "комфорт", "износостойкость", "уход".

Микрофотографии льна и хлопка сравнивают для выявления более прочного материала. Для этого используется компьютерное зрение, оно применяется для анализа структуры ткани с помощью нейросетей, таких как CNN и YOLO. Эти модели оценивают плотность плетения, наличие дефектов (неровности, узелки) и равномерность окраски.

Еще один пример – возможность предсказать влияние добавления 5% эластана на растяжимость хлопка с помощью инструментов вроде Scikit-learn или TensorFlow. Прогнозирование свойств материалов осуществляется регрессионными моделями типа Random Forest и XGBoost. Они предсказывают параметры такие как прочность на разрыв, усадку после стирки и воздухопроницаемость.

Минимизация стоимости ткани при сохранении воздухопроницаемости выше 80% (оптимизация состава и себестоимости тканей) выполняется с помощью генетических алгоритмов, например, реализованных через DEAP. Эти алгоритмы подбирают соотношения волокон (например, хлопок/полиэстер/эластан) для достижения заданных свойств.

Можно проследить рост популярности тенсела в 2024 году при помощи инструментов PyTorch или Keras. Анализ рыночных трендов осуществляется с помощью сетей LSTM для прогнозирования спроса на текстильные материалы на основе поисковых запросов в Google Trends и данных о продажах в онлайн-магазинах.

Пример реального кейса сравнительной характеристики.

Задача: выбрать ткань для пошива летних платьев для не крупного бренда одежды. Данную задачу будем выполнять при помощи искусственного интеллекта. Выбор упал на нейросеть Deepseek, были заданы следующие вопросы:

1) Какие текстильные материалы могут быть использованы для производства летних платьев в небольшом бренде?

2) Перечисли 10 основных показателей - экспертных оценок, которыми можно охарактеризовать текстильные материалы.

3) Для каждого типа предложенной тобой ткани, предложи какой-то определенный точный тип ткани, например, для хлопка - хлопок поплин 120 г/м².

4) Выпиши для каждой ткани информацию по представленным тобой показателям.

5) Сделай по этим данным вывод, какой материал будет целесообразнее всего использовать для изготовления летнего платья?

Результат работы ИИ по первому запросу, по которому он определил ключевые показатели.

Экспертные критерии для сравнения (на основе запросов потребителей и технологических требований):

- 1) Воздухопроницаемость (г/м²/час) – способность "дышать".
- 2) Гигроскопичность (%) – впитывание влаги.
- 3) Плотность (г/м²) – легкость/тяжесть ткани.
- 4) Усадка после стирки (%) – стабильность размеров.
- 5) Износостойкость (циклы до потери прочности, по ISO 12947).
- 6) Сминаемость (шкала 1-5, где 1 – не мнется).
- 7) Цена за метр (руб.).
- 8) Экологичность (натуральность, биоразлагаемость).
- 9) Удобство пошива (скольжение, осыпаемость краев).
- 10) Цветостойкость (по ISO 105-B02 после 20 стирок).

Результат работы ИИ по второму, третьему и четвертому запросам, по которым он подобрал 10 материалов с конкретными артикулами, а после оценил их.

Для сравнения ИИ выбрал 10 популярных текстильных материалов, подходящих для пошива летних платьев. Каждый из них он оценил по 10 ключевым показателям, включая технические параметры и экономические факторы. (Таблица 1)

Таблица 1 - Характеристики тканей для летних платьев

Сравнительные характеристики	Хлопок поплин (артикул SP-120, плотность 120 г/м ²)	Лен (артикул LN-150, плотность 150 г/м ²)	Вискоза (артикул VK-130, плотность 130 г/м ²)	Шелк хабогай (артикул SH-45, плотность 45 г/м ²)	Тенсел (Lyocell, артикул TL-140, плотность 140 г/м ²)	Полиэстер (артикул PE-110, плотность 110 г/м ²)
Воздухопроницаемость	250 г/м ² /час (хорошая)	300 г/м ² /час (отличная)	200 г/м ² /час (средняя)	180 г/м ² /час	270 г/м ² /час	50 г/м ² /час (плохая)
Гигроскопичность	8% (средняя)	7% (средняя)	12% (высокая)	11%	10%	3%
Плотность	120 г/м ² (легкий)	150 г/м ² (средний вес)	130 г/м ²	45 г/м ² (очень легкий)	140 г/м ²	110 г/м ²
Усадка после стирки	5% (минимальная)	7% (требуется декатировка)	6%	8%	4%	2%
Износостойкость	20,000 циклов (высокая)	15,000 циклов (средняя)	10,000 циклов (ниже средней)	5,000 циклов (низкая)	25,000 циклов (очень высокая)	30,000 циклов

Продолжение таблицы 1

Сравнительные характеристики	Хлопок поплин (артикул CP-120, плотность 120 г/м ²)	Лён (артикул LN-150, плотность 150 г/м ²)	Вискоза (артикул VK-130, плотность 130 г/м ²)	Шелк хаботай (артикул SH-45, плотность 45 г/м ²)	Тенсел (Луоселл, артикул TL-140, плотность 140 г/м ²)	Полиэстер (артикул PE-110, плотность 110 г/м ²)
Сминаемость	3/5 (умеренная)	5/5 (сильно мнется)	2/5 (почти не мнется)	1/5 (не мнется)	2/5	1/5
Цена	350 Р/м (бюджетная)	600 Р/м (дороже хлопка)	400 Р/м	1,200 Р/м (премиум)	800 Р/м	250 Р/м
Экологичность	высокая (100% хлопок)	высокая	средняя (химическая обработка)	высокая	высокая (производится из эвкалипта)	низкая
Удобство пошива	среднее (не осыпается сильно)	сложное (осыпается)	легкое	сложное (скользит)	среднее	легкое
Цветостойкость	4/5 (хорошая)	3/5 (выцветает на солнце)	3/5	2/5	4/5	5/5

Остальные материалы кратко:

- ☞ Хлопок-сатин (CS-140): Гладкий, воздухопроницаемый (230), цена 450 Р/м.
- ☞ Микрофибра (MF-100): Синтетика, не дышит, но дешево (300 Р/м).
- ☞ Бамбук (BB-130): Мягкий, экологичный, 500 Р/м.
- ☞ Смесь хлопок + полиэстер (CPE-115): Компромисс по цене (320 Р/м), но хуже дышит.

Вывод, сделанный ИИ, на основе данных, представленных выше.

Критерии выбора текстильного материала для пошива летних платьев следующий – для малого бизнеса важно сочетать качество, стоимость и удобство производства. Приоритетными параметрами являются комфорт и функциональность, стоимость и рентабельность, долговечность и уход, целевая аудитория. Поэтому мы исключаем шелк, так как он дорогой и имеет низкую износостойкость, микрофибру и полиэстер, так как данные материалы не дышат, лён, так как он сильно мнется, а также сложен в пошиве.

Варианты, которые нам подходят:

- 1) Тенсел (TL-140) – лучший баланс следующих характеристик: экологичность, воздухопроницаемость, износостойкость, однако цена достаточно высока (800 Р/м).
- 2) Хлопок поплин (CP-120) – дешевле, чем тенсел (350 Р/м), но уступает в гигроскопичности.
- 3) Вискоза (VK-130) – имеет отличную воздухопроницаемость и цену (400 Р/м), но достаточно низкую износостойкость.

Окончательный вывод: Для не крупного бренда с ограниченным бюджетом оптимален хлопок-поплин (CP-120), так как он достаточно дышащий (250 г/м²/час), имеет низкую усадку (5%), прост в пошиве, имеет оптимальную цену (350 р/м, что ниже тенсела в 2 раза. Однако, если бюджет позволяет, тенсел (TL-140) будет отличной альтернативой для премиального позиционирования.

Заключение: ИИ трансформирует текстильную промышленность, ускоряя дизайн, производство и логистику. Компании, внедряющие эти технологии, получают преимущество: от сокращения сроков разработки коллекций до точного попадания в запросы рынка.

Список литературы

1. Применение ИИ в производстве одежды // Lp-Magazine. – 2023. – №3. – URL: <https://lp-magazine.ru/lpmagazine/2023/3/1230> (дата обращения: 26.11.2025).
2. Новиков А. Н. Разработка теоретических и методологических принципов создания систем компьютерного зрения для автоматизации контроля качества текстильных материалов: дис. ... канд. наук. – 2014. – 287 с.
3. Иванов А.В., Петров С.К. Применение искусственного интеллекта в материаловедении: современные тенденции и перспективы // Научный журнал "Материаловедение". – 2022. – № 5. – С. 45-58.
4. Будущее текстильной индустрии: Как современные технологии меняют мир моды на выставке VIPTEX FASHION // Viptex-fashion. – 2025. – URL: <https://news.viptex-fashion.com/2025/01/21/budushhee-tekstilnoj-industrii-kak-sovremennye-tehnologii-menyayut-mir-mody-na-vystavke-viptex-fashion/> (дата обращения: 26.11.2025).

References

1. Application of AI in clothing production // Lp-Magazine. – 2023. – No. 3. – URL: <https://lp-magazine.ru/lpmagazine/2023/3/1230> (date of access: 11/26/2025)
2. Novikov A. N. Development of theoretical and methodological principles for creating computer vision systems for automating quality control of textile materials: diss. ... Cand. sciences. – 2014. – 287 p.
3. Ivanov A.V., Petrov S.K. Application of artificial intelligence in materials science: modern trends and prospects // Scientific journal "Materials Science". - 2022. - No. 5. - P. 45-58.
4. The Future of the Textile Industry: How Modern Technologies Are Changing the World of Fashion at the VIPTEX FASHION Exhibition // Viptex-fashion. – 2025. – URL: <https://news.viptex-fashion.com/2025/01/21/budushhee-tekstilnoj-industrii-kak-sovremennye-tehnologii-menyayut-mir-mody-na-vystavke-viptex-fashion/> (accessed: 26.11.2025).

УДК 004.932(7.025)

Г.А. Хришкевич¹, В.И. Пименов²¹Псковский государственный университет
180000, Псков, пл. Ленина, 2²Санкт–Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт–Петербург, Большая Морская, 18**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПЕРАЦИЙ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ФРЕСОК ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДЕФЕКТОВ**

© Г.А. Хришкевич, В.И. Пименов, 2026

В статье рассматривается задача повышения выявляемости дефектов на цифровых изображениях фресок средствами предварительной обработки. Работа представлена в логике технических наук как исследование по цифровой обработке изображений и подготовке данных для последующего компьютерного анализа объектов культурного наследия. На тестовом фрагменте сопоставлены масштабирование, локальное повышение контраста, медианная фильтрация с нерезкой маской, коррекция освещённости и выделение тонких трещин. Для сравнения использованы визуальная экспертная оценка и описательные метрики – дисперсия лапласиана и плотность границы. Показано, что простое масштабирование практически не увеличивает информативность изображения, тогда как комбинация шумоподавления и повышения резкости, а также локальное повышение контраста улучшают различимость линейных и слабоконтрастных дефектов. Полученные результаты могут применяться при подготовке данных для разметки, сегментации и последующего автоматического анализа изображений.

Ключевые слова: культурное наследие, предварительная обработка, цифровые изображения фресок, сегментация, выявление дефектов, трещины.

G.A. Khrishkevich¹, V.I. Pimenov²¹Pskov State University
180000, Pskov, Lenin Square, 2²Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**COMPARATIVE ANALYSIS OF PRE-PROCESSING OPERATIONS OF DIGITAL IMAGES OF FRESCOES IN THE IDENTIFICATION OF DEFECTS**

This paper examines the problem of improving the detectability of defects in digital images of frescoes by means of preliminary image processing. The study is framed within engineering as research in digital image processing and data preparation for subsequent computer analysis of cultural heritage objects. On a test fragment, scaling, local contrast enhancement, median filtering with unsharp masking, illumination correction, and fine crack highlighting were compared. The comparison was based on expert visual assessment and descriptive metrics, namely the variance of the Laplacian and edge density. The results show that simple upscaling hardly increases the informativeness of the image, whereas the combination of denoising and sharpening, as well as local contrast enhancement, improves the visibility of linear and low-contrast defects. The findings can be used in data preparation for annotation, segmentation, and subsequent automated image analysis.

Keywords: cultural heritage, pre-processing, digital images of frescoes, segmentation, detection of defects, cracks.

Введение. Анализ цифровых изображений объектов культурного наследия связан не только с искусствоведческой интерпретацией, но и с прикладными задачами технического характера: выделением информативных признаков, подготовкой данных для разметки, повышением устойчивости последующей сегментации и снижением влияния шумов и неравномерной освещённости. На изображениях фресок одновременно присутствуют трещины, участки осыпания красочного слоя, выцветание, потёртости, пятна и локальные утраты. Для построения надёжных алгоритмов компьютерного анализа важно

визуально наблюдать эти дефекты, и обеспечить их различимость в машинно-обрабатываемом представлении [1,2].

В последние годы задачи цифровой реставрации и мониторинга состояния произведений искусства всё чаще решаются методами компьютерного зрения, сегментации и нейросетевой обработки изображений [3,4]. Однако устойчивость таких алгоритмов во многом определяется качеством исходного изображения. Если трещины плохо отделяются от фактуры штукатурки, тени принимаются за пятна, а неравномерная освещённость скрывает границы лакун, то точность последующих этапов обработки снижается. Поэтому предварительную обработку целесообразно рассматривать как самостоятельный технический этап подготовки данных, влияющий на качество ручной разметки и автоматического анализа.

Цель работы – оценить влияние типовых операций предварительной обработки на выявляемость дефектов цифровых изображений фресок в задачах технического анализа. Для достижения обозначенной цели решались следующие задачи: приведение разнородных изображений одного фрагмента к общему полю зрения, применение набора типовых операций предварительной обработки, сопоставление визуального эффекта и описательных метрик, а также формулирование рекомендаций по подготовке изображений для разметки и сегментации.

Материалы и методы. В качестве тестового материала использован фрагмент настенной росписи с выраженной сетью трещин, зонами истирания и локальными светлыми включениями. Для сравнения были взяты исходное изображение и два результата масштабирования одного и того же участка. Один из вариантов имел иное кадрирование, поэтому перед анализом изображения были приведены к общему виду по совпадающей центральной области. Это позволило сравнивать не разные композиции, а один и тот же участок поверхности как единый набор входных данных для последующей обработки.

В работе рассматривались операции, характерные для прикладной цифровой обработки изображений: масштабирование, автонормализация тонового диапазона, медианная фильтрация, повышение резкости по типу нерезкой маски, коррекция неравномерной освещённости и выделение трещин [5,6]. Исследование ориентировано не на субъективное улучшение картинки, а на техническое повышение различимости признаков, значимых для последующей разметки и компьютерного анализа.

Сравнение результатов проводилось в двух плоскостях. Во-первых, выполнялся визуальный анализ, ориентированный на различимость трещин, границ лакун, пятен, следов истирания и неоднородностей фона. Во-вторых, рассчитывались описательные показатели — дисперсия лапласиана как индикатор резкости и плотность границ как доля пикселей, отнесённых к контурам после выделения границ. Эти величины не заменяют экспертную оценку, но позволяют количественно сопоставить степень проявления мелких деталей на одном и том же фрагменте и тем самым связать визуальный эффект с параметрами технической обработки.

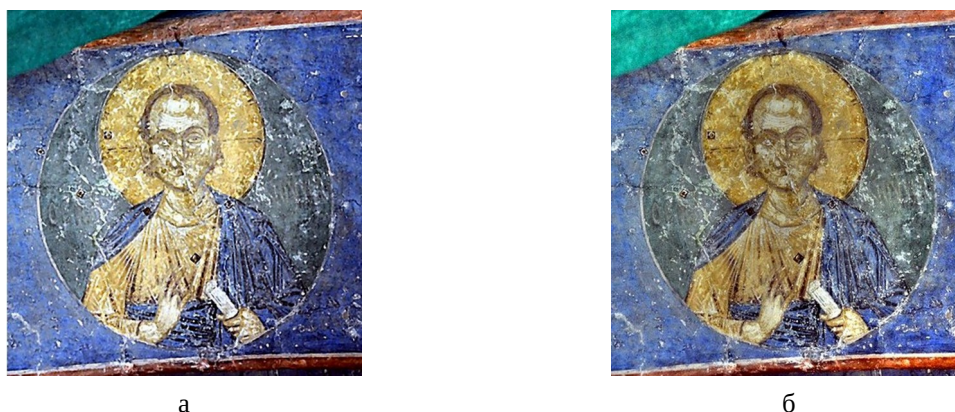
С практической точки зрения процесс подготовки данных можно представить как последовательность нескольких этапов. Сначала из исходного изображения выделялся общий участок сравнения, одинаковый для всех вариантов обработки. Затем для этого участка формировались несколько параллельных вариантов изображения: исходный вариант, вариант с локальным повышением контраста, вариант после шумоподавления и повышения резкости, диагностический вариант для выделения трещин. После этого каждый вариант изображения анализировался одновременно визуально и по двум метрикам. Такая схема важна в прикладном отношении, поскольку позволяет оценивать не только общий косметический эффект обработки, но и пригодность конкретного режима для последующих технических процедур — ручной разметки, сегментации и сравнения состояния поверхности на серии изображений.

Результаты исследования. На рис. 1 приведено сравнение исходного фрагмента, двух вариантов масштабирования и локального повышения контраста. После выравнивания кадра видно, что вариант масштабирования методом Ланцоша [7] практически повторяет структуру исходного изображения, он делает материал удобнее для просмотра в крупном масштабе, но почти не усиливает диагностически важные признаки. Масштабирование с применением нерезкой маски [8] заметно подчёркивает сеть микротрещин и контурные переходы, однако одновременно усиливает мелкие светлые включения и фактурный шум. Локальное повышение контраста ещё сильнее проявляет дефекты поверхности, но в отдельных зонах делает изображение визуально более жёстким.



Рис. 1. Сравнение исходного фрагмента и вариантов его обработки: а – исходный фрагмент, б – масштабирование методом Ланцоша, в – масштабирование с применением нерезкой маски, г – локальное повышение контраста.

На рис. 2 показаны результаты операций, которые можно рассматривать как собственно предварительную обработку перед разметкой. Режим шумоподавления с последующим повышением резкости даёт наиболее сбалансированный результат, тонкая сеть трещин становится заметнее, но читаемая структура красочного слоя сохраняется. Коррекция освещённости полезна на участках со светотеневыми перепадами, где тёмные и светлые полосы могли бы быть ошибочно приняты за самостоятельные дефекты. Режим выделения трещин позволяет отчётливее выявить линейные повреждения, однако заметно деформирует тональные отношения и потому больше подходит для вспомогательного анализа, чем для основной публикационной иллюстрации.



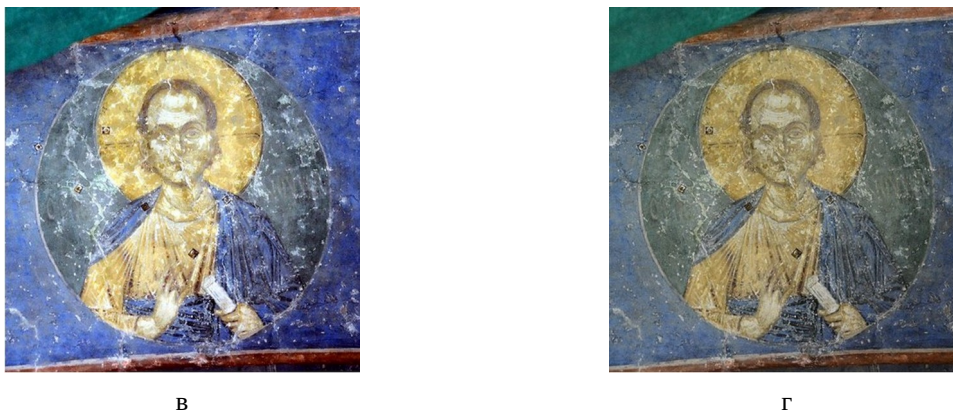


Рис. 2. Диагностическая предварительная обработка фрагмента: а – шумоподавление с последующим повышением резкости; б – коррекция освещённости; в – выделение трещин; г – исходный фрагмент.

Увеличенный локальный фрагмент лица (рис. 3) подтверждает тот же вывод на локальном уровне. Простое масштабирование почти не меняет различимость тонких линий. Масштабирование с применением нерезкой маски и локальное повышение контраста выявляют больше мелких разрывов и переходов по границе красочного слоя. Специальное выделение трещин лучше всего демонстрирует распределение линейных дефектов, но одновременно повышает риск принять часть светлых бликов и участков потёртости за элементы одной трещинной сети.

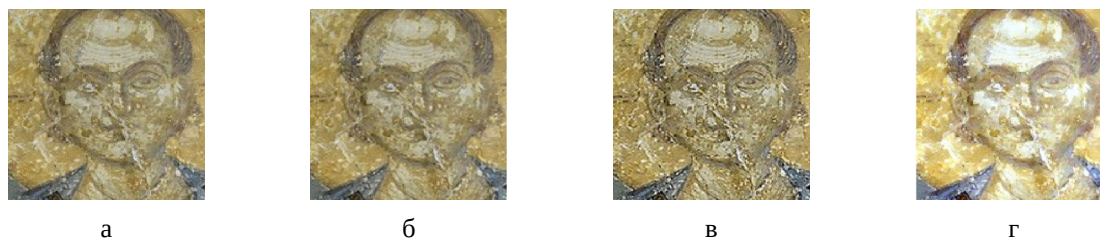


Рис. 3. Увеличенный локальный фрагмент: а – исходный фрагмент; б – масштабирование методом Ланцоша; в – масштабирование с применением нерезкой маски; г – выделение трещин.

Количественные показатели по выровненному фрагменту представлены в таблице 1. Они подтверждают визуальные наблюдения, значения резкости и плотности границ растут после более активной обработки, однако такой рост сам по себе не означает повышения диагностической ценности изображения. Для реставрационной практики важно различать полезное проявление дефекта и простое усиление шума.

Сравнение численных значений показывает, что простое масштабирование методом Ланцоша практически не повышает информативность изображения. Плотность границ в этом режиме остаётся на уровне исходного фрагмента — 0,195, а дисперсия лапласиана даже снижается с 1493,2 до 1093,5, т.е. на 26,8 %. Это означает, что интерполяционное увеличение главным образом меняет рабочий масштаб просмотра, но не усиливает контраст локальных структур. Иная картина наблюдается при масштабировании с применением нерезкой маски, дисперсия лапласиана возрастает до 4365,4, а плотность границ — до 0,274, что соответствует приросту на 192,4 % и 40,5 % относительно исходного варианта. Следовательно, именно масштабирование с применением нерезкой маски, а не само масштабирование, обеспечивает более уверенное проявление микротрещин и контуров.

Максимальные значения по обоим использованным метрикам получены для режима локального повышения контраста: дисперсия лапласиана составила 5847,4, а плотность границ — 0,343. По сравнению с исходным изображением это соответствует увеличению на 291,6 % и на 75,9 % соответственно. Вместе с тем такой эффект нельзя оценивать однозначно положительно, поскольку вместе с признаками повреждений начинают активнее проявляться и второстепенные особенности фактуры основания. Более уравновешенный результат даёт режим шумоподавления с последующим повышением резкости: при приросте дисперсии лапласиана на 151,3 % и плотности границ на 46,2 % он в меньшей степени нарушает естественную тональную организацию изображения. Существенный эффект наблюдается и после коррекции освещённости: значение дисперсии лапласиана достигает 5018,1, а плотность границ — 0,319. Это связано с тем, что ослабление крупных перепадов яркости позволяет лучше различать слабовыраженные контурные переходы. Режим выделения трещин даёт более

сдержанный прирост — 51 % по дисперсии лапласиана и 14,4 % по плотности границ, что согласуется с его назначением как специализированного инструмента для выявления линейных повреждений.

Если группировать результаты по типам выявляемых дефектов, можно выделить три функционально различных режима обработки. Первый режим связан с усилением линейных структур. К нему относятся масштабирование с применением нерезкой маски, шумоподавление с последующим повышением резкости и специальное выделение трещин. Эти операции полезны в тех случаях, когда требуется проследить непрерывность трещины, уточнить форму разрыва или отделить тонкую тёмную линию от неоднородной живописной фактуры. Второй режим — выравнивание крупных тональных перепадов. Здесь наиболее заметный практический эффект даёт коррекция освещённости, поскольку она уменьшает влияние теней и облегчает различение пятен, потёртостей и границ лакун. Третий режим — агрессивное повышение локального контраста. Он оказывается полезным при поиске слабоконтрастных участков утраты, но требует контроля со стороны исследователя, так как при чрезмерном усилении часть фактуры основания начинает имитировать дефектные структуры. Тем самым одна и та же операция может быть эффективной для одной диагностической задачи и избыточной для другой.

Таблица 1. Сравнение операций предварительной обработки на тестовом фрагменте

Операция	Дисперсия лапласиана	Плотность границ	Практический эффект
Исходный фрагмент	1493,2	0,195	Базовый уровень различимости дефектов
Масштабирование методом Ланцоша	1093,5	0,195	Масштаб удобнее для просмотра, прирост информативности минимален
Масштабирование с применением нерезкой маски	4365,4	0,274	Трещины и контуры заметнее, но усиливаются шум и жёсткие переходы
Локальное повышение контраста	5847,4	0,343	Хорошо проявляет трещины и утраты, требует осторожности из-за избыточного повышения контраста
Шумоподавление с последующим повышением резкости	3752,8	0,285	Наиболее сбалансированный вариант для разметки
Коррекция освещённости	5018,1	0,319	Помогает отделять пятна и границы лакун от теней
Выделение трещин	2255,4	0,223	Полезно как специальный диагностический вариант изображения, но не как универсальный режим

Обсуждение. Полученные результаты позволяют сделать несколько практических выводов для задач цифровой обработки изображений. Прежде всего, при подготовке данных для разметки и сегментации не следует полагаться на одно универсальное «улучшенное» изображение. Разные типы дефектов лучше проявляются разными операциями. Для линейных повреждений трещин и мелких разрывов красочного слоя особенно полезны умеренное повышение резкости и локальное повышение контраста. Для широких пятен, потёртостей и границ лакун важнее коррекция неравномерной освещённости, поскольку она уменьшает влияние крупных светотеневых перепадов и делает структуру поверхности более однородной для последующего анализа.

Масштабирование само по себе не является восстановлением информации и не должно рассматриваться как самостоятельный способ повышения качества входных данных. Его роль в данной постановке сводится к изменению рабочего масштаба изображения и подготовке материала к дальнейшей обработке. Если масштабирование сопровождается агрессивным повышением резкости, видимость мелких дефектов возрастает, но одновременно увеличивается риск появления артефактов. Таким образом, становится понятно, что масштабирование само по себе едва ли может рассматриваться как некое самодостаточное и универсальное решение, и его применение оказывается по-настоящему

оправданным лишь в том случае, когда оно встроено в общую логику и последовательность этапов предварительной обработки материала.

Если же подходить к вопросу сугубо с прикладной или практической стороны, то наиболее разумной и продуктивной видится работа не с каким-то одним финальным кадром, а скорее с несколькими аккуратно согласованными друг с другом вариантами одного и того же интересующего нас фрагмента, будь то совершенно нетронутое исходное изображение, его версия с тщательно нормализованной освещённостью или же специальный вариант, на котором отчётливо проявлены самые тонкие и едва заметные линейные структуры. Подобный многослойный взгляд на вещи позволяет ощутимо повысить качество ручной разметки, заметно сократить количество грубых просчётов во время сегментации и в конечном счёте сделать всю дальнейшую интерпретацию полученных данных куда более устойчивой к разного рода случайным помехам.

Опираясь на совокупность полученных в ходе анализа данных, можно было бы предложить определённую рекомендованную цепочку действий для технического анализа изображений фресок, где на самой первой стадии разумнее всего выполнить геометрическую унификацию фрагментов, приведя их тем самым к некоему сопоставимому полю зрения и единому масштабу восприятия. Следом за этим совершенно логичным шагом становится применение коррекции освещённости или тонкая нормализация тонкого диапазона, что помогает заметно ослабить влияние тех крупных и при этом совершенно неинформативных колебаний света и тени, которые лишь отвлекают внимание исследователя от сути. И только после этого мы можем сформировать тот самый рабочий вариант изображения, который предназначен непосредственно для разметки, причём для этого обычно бывает вполне достаточно мягкого шумоподавления, а затем умеренного и деликатного повышения резкости, что в совокупности позволяет ясно выделить сеть трещин и точные границы утрат, ничуть не жертвуя при этом драгоценной текстурной правдоподобностью и естественностью материала. Параллельно с этим или при возникновении особой необходимости можно сформировать дополнительный диагностический вариант, где применяется уже локальное повышение контраста или более агрессивное выделение трещиноватости, однако такой вариант стоит использовать не в роли основного визуального ориентира, а лишь как сугубо вспомогательное средство для уверенного поиска скрытых дефектов.

Применительно к реалиям полуавтоматической разметки всё вышесказанное означает для оператора довольно простую и при этом невероятно полезную установку на то, что куда удобнее и надёжнее работать не с каким-то одним итоговым и зачастую компромиссным кадром, а с целым набором аккуратно согласованных между собой версий, между которыми можно быстро и безболезненно переключаться по мере необходимости. Скажем, на исходном варианте проще всего зафиксировать общую композиционную структуру и уверенно очертить границы крупных зон утрат, тогда как на варианте с выровненным освещением гораздо легче отделить настоящие физические повреждения от случайных или архитектурных теней, а варианты после шумоподавления и мягкого повышения чёткости или же с локально поднятым контрастом оказываются поистине бесценными помощниками, когда дело доходит до кропотливой разметки тончайших трещин и едва читаемых контуров. Такой подход заметно снижает риск возникновения пресловутой систематической ошибки, когда дефект либо безвозвратно пропускается из-за чрезмерной мягкости и «замыленности» картинки, либо напротив оказывается трагически переоценён на излишне агрессивно обработанном и жёстком материале. Кроме того, само наличие нескольких непротиворечивых и согласованных вариантов изображения создаёт куда более прочный и надёжный фундамент для последующего обучения любых моделей сегментации, поскольку у нас появляется редкая возможность формировать входные данные, обладающие разной степенью чувствительности как к линейным, так и к площадным типам повреждений, что в перспективе делает работу алгоритмов гораздо более гибкой и точной. С точки зрения последующей сегментации важно и то, какие типы ошибок провоцирует каждый режим предварительной обработки. Слишком мягкое изображение ведёт к пропускам тонких трещин и размыванию границ лакун, то есть к ложноотрицательным результатам. Чрезмерно усиленное изображение, напротив, создаёт предпосылки для ложноположительного выявления: фактура штукатурки, блики и переходы цвета начинают восприниматься как самостоятельные повреждения. Поэтому практический критерий качества предварительной обработки следует связывать не с максимизацией одной численной метрики, а с компромиссом между полнотой выявления и устойчивостью интерпретации. Именно этим объясняется преимущество умеренных режимов обработки, в которых увеличение резкости и выраженности границ сочетается с сохранением естественной структуры изображения. Для инженерных приложений такой баланс особенно важен, поскольку он позволяет использовать одни и те же данные как для экспертной разметки, так и для настройки алгоритмов автоматического анализа без необходимости полностью пересобирать входной набор под каждую отдельную задачу.

Заключение. В работе рассмотрено влияние нескольких операций предварительной обработки на выявляемость дефектов цифровых изображений фресок. Показано, что простое увеличение разрешения в основном улучшает масштаб просмотра, но почти не повышает информативность входных

данных. Наиболее полезными для практики оказались умеренное шумоподавление с последующим повышением резкости, локальное повышение контраста и коррекция освещённости.

Первая операция помогает проявить тонкие трещины без чрезмерного разрушения фактуры, вторая — делает более заметными слабоконтрастные зоны утрат, третья — снижает влияние светотеневых искажений при анализе пятен и границ лакун. Таким образом, предварительная обработка должна рассматриваться как самостоятельный этап технической подготовки изображений, предшествующий сегментации, классификации и другим процедурам автоматического анализа.

Перспективой дальнейшей работы является переход от единичного фрагмента к серии изображений разных памятников с экспертной оценкой выявляемости, а также обучение моделей сегментации на нескольких параллельных представлениях одного и того же объекта.

Список литературы

1. Филина О.С. Возможности применения компьютерных графических приложений в реставрации и реконструкции русской иконы // Инновационный дискурс развития современной науки. Сборник статей V Международной научно-практической конференции «Инновационный дискурс развития современной науки». Петрозаводск: 2021. С. 166–185. DOI: 10.46916/07062021-978-5-00174-262-3.
2. Хришкевич Г.А. Вариационная модель цифровой реставрации монументальной живописи // Инженерный вестник Дона. 2025. № 12. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2025/10627> (дата обращения: 21.03.2026).
3. Методика автоматизированного восстановления изображений с использованием свёрточных нейронных сетей / Хришкевич Г.А., Андреев Д.А., Мотайленко Л.В. [и др.] // Известия ЮФУ. Технические науки. 2024. № 6(242). С. 65–76. DOI: 10.18522/2311-3103-2024-6-65-76.
4. Дружинина А.А. Искусственный интеллект и реставрация: как алгоритмы меняют подходы к сохранению искусства // Управление культурой. 2024. № 4. С. 18–24. DOI: 10.70202/2949074X-2024-3-4-18-24.
5. Трубаков А.О., Селейкович М.О. Сравнение интерполяционных методов масштабирования растровых изображений // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017. № 1. С. 92–97. DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-01-92-98.
6. Север К.О., Турулин И.И., Гужва Д.А. Сравнительный анализ двух способов фильтрации для устранения шума в изображении разной степени зашумленности // Известия ЮФУ. Технические науки. 2021. № 3(220). С. 82–91. DOI: 10.18522/2311-3103-2021-3-82-91.
7. Оценка качества изображений при повышении разрешения на основе пространственного спектрального синтеза / В.Ю. Игнатьев, И.А. Матвеев, А.Б. Мурынин, А.Н. Трекин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2017. № 1(70). С. 124–141. DOI: 10.18698/1812-3368-2017-1-124-141.
8. Нерезкое маскирование для повышения качества изображений, полученных в шахтах / Е.В. Зайцева, А.А. Кочнева, Е.В. Катунцов, М.Р. Киба // Горная промышленность. 2025. № 3. С. 86–94. DOI: 10.30686/1609-9192-2025-3-86-94.

References

1. Filina O.S. Vozmozhnosti primeneniya komp'yuternykh graficheskikh prilozhenii v restavratsii i rekonstruktsii russkoi ikony. [Possibilities of using computer graphic applications in the restoration and reconstruction of Russian icons]. *Innovatsionnyi diskurs razvitiya sovremennoi nauki* [Proceedings of the V International scientific and practical conference "Innovative discourse of modern science development"]. Petrozavodsk: 2021. 166–185 pp. DOI: 10.46916/07062021-978-5-00174-262-3. (in Rus.).
2. Khrishkevich G.A. Variatsionnaya model' tsifrovoy restavratsii monumental'noi zhivopisi [Variational model of digital restoration of monumental painting]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. 2025. No. 12. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2025/10627> (date accessed: 21.03.2026). (in Rus.).
3. Metodika avtomatizirovannogo vosstanovleniya izobrazhenii s ispol'zovaniem svertochnykh neuronnykh setei [Method for automated image restoration using convolutional neural networks]. Khrishkevich G.A., Andreev D.A., Motailenko L.V. et al. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering sciences]. 2024. No. 6(242). 65–76 pp. DOI: 10.18522/2311-3103-2024-6-65-76. (in Rus.).
4. Druzhinina A.A. Iskusstvennyi intellekt i restavratsiya: kak algoritmy menyayut podkhody k sokhraneniyu iskusstva [Artificial intelligence and restoration: how algorithms change approaches to art preservation]. *Upravlenie kul'turoi* [Culture Management]. 2024. No. 4. 18–24 pp. DOI: 10.70202/2949074X-2024-3-4-18-24. (in Rus.).
5. Trubakov A.O., Seleikovich M.O. Sravnenie interpolyatsionnykh metodov masshtabirovaniya rastrovyykh izobrazhenii [Comparison of interpolation methods for raster image scaling]. *Nauchno–tekhnicheskii vestnik*

- Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta* [Scientific and technical bulletin of Bryansk State University]. 2017. No. 1. 92–97 pp. DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-01-92-98. (in Rus.).
6. Sever K.O., Turulin I.I., Guzhva D.A. Sravnitel'nyi analiz dvukh sposobov fil'tratsii dlya ustraneniya shuma v izobrazhenii raznoi stepeni zashumlennosti [Comparative analysis of two filtering methods for removing noise in images with different noise levels]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering sciences]. 2021. No. 3(220). 82–91 pp. DOI: 10.18522/2311-3103-2021-3-82-91. (in Rus.).
7. Ocenka kachestva izobrazhenij pri povyshenii razresheniya na osnove prostranstvennogo spektral'nogo sinteza [Image quality assessment based on spatial spectral synthesis for increased resolution]. V.Yu. Ignatiev, I.A. Matveyev, A.B. Murynin, and A.N. Trekkin. *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. Estestvennye nauki* [Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Ser. Natural Sciences]. 2017. No. 1(70). 124–141 pp. DOI: 10.18698/1812-3368-2017-1-124-141. (in Rus.).
8. Nerezkoe maskirovanie dlya povysheniya kachestva izobrazhenij, poluchennyh v shahtah [Unsharp masking for improved quality images taken in mines]. E.V. Zajceva, A.A. Kochneva, E.V. Katuncov, M.R. Kiba. *Gornaya promyshlennost'* [Russian mining industry]. 2025. No. 3. 86–94 pp. DOI: 10.30686/1609-9192-2025-3-86-94. (in Rus.).

УДК 004.89

Н.Д. Шибанова, К.А. Панасюк

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ПОИСК ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРИ ПОМОЩИ СРЕДСТВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© Н.Д. Шибанова, К.А. Панасюк, 2026

Производится поиск и анализ характеристик текстильных материалов при помощи разных программных средств на базе искусственного интеллекта, сравнение их возможностей и выявление более практичного из них для наших условий.

Ключевые слова: характеристики ткани, искусственный интеллект, анализ, текстильное производство.

N.D. Shibanova, K.A. Panasyuk, 2026

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 18

SEARCH OF MATERIAL CHARACTERISTICS FOR ANALYSIS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS

We search for and analyze the characteristics of textile materials using various artificial intelligence-based software tools, compare their capabilities, and identify the most practical one for our conditions.

Keywords: fabric characteristics, artificial intelligence, analysis, textile production.

Введение

В текстильном производстве характеристики материалов играют ключевую роль на всех этапах – от выбора сырья до контроля качества готовой продукции. Вот основные процессы, для которых требуются эти характеристики:

1) Разработка и проектирование текстильных изделий. Этот процесс состоит из следующих задач:

- Подбор материалов – выбор ткани, нитей, волокон с нужными свойствами (прочность, эластичность, воздухопроницаемость и т. д.).
- Прогнозирование поведения материала – как ткань будет вести себя при раскрое, пошиве, носке.

2) Контроль качества сырья и готовой продукции требует определения следующих свойств:

- Физико-механические свойства (прочность на разрыв, износостойкость, устойчивость к истиранию).
- Гигиенические и комфортные свойства (гигроскопичность, воздухопроницаемость, теплопроводность).
- Деформационные характеристики (растяжимость, усадка, способность к драпировке).

3) Технологические процессы производства включают следующие задачи и расчёты:

- Раскрой – учет усадки, растяжимости, осыпаемости краев.
- Пошив – подбор игл, ниток, режимов обработки в зависимости от плотности и структуры материала.
- Отделка и окраска – устойчивость к химическим воздействиям, способность к крашению.

Чем точнее определены характеристики текстиля, тем выше качество и конкурентоспособность создаваемой из него продукции. В текстильной промышленности за это отвечает раздел материаловедение.

Актуальность темы подтверждается активным развитием данного направления в российской науке, о чем свидетельствуют работы Иванова А.В., Петрова С.К. (2022) [1], Смирнова Л.Н. и Кузнецова Д.А. (2021) [2], а также других исследователей, внедряющих машинное обучение в материаловедение. Целью данной статьи является представление анализа возможностей и ограничений ИИ в процессе

поиска и прогнозирования характеристик материалов, а также оценка перспективы дальнейшего развития этой области.

Полезьа применения искусственного интеллекта в текстильной промышленности

Современное материаловедение сталкивается с необходимостью ускоренного поиска и анализа новых материалов с заданными свойствами для применения в высокотехнологичных отраслях — от микроэлектроники до энергетики и медицины. Традиционные экспериментальные методы, несмотря на свою точность, требуют значительных временных и финансовых затрат, что делает актуальным внедрение компьютерных технологий, способных оптимизировать эти процессы.

В данной статье мы представляем современные методы применения искусственного интеллекта (ИИ) для анализа характеристик материалов, включая подходы к обработке экспериментальных данных, моделированию свойств.

Искусственный интеллект активно внедряется в текстильное производство, помогая оптимизировать процессы, улучшать качество продукции и снижать затраты. Вот ключевые направления применения ИИ в этой отрасли:

- 1) Прогнозирование спроса и управление цепями поставок:
 - а) Анализ трендов – ИИ обрабатывает данные о продажах, модных тенденциях и сезонности, помогая фабрикам планировать ассортимент.
 - б) Оптимизация запасов – алгоритмы предсказывают, какие ткани и цвета будут востребованы, сокращая перепроизводство.
 - 2) Контроль качества:
 - а) Автоматический дефектоскопический анализ – камеры с ИИ выявляют дефекты ткани (дыры, неравномерное окрашивание, перекосы) быстрее и точнее человека.
 - б) Предотвращение брака – машинное обучение (МО) анализирует данные с производственных линий и предупреждает о возможных отклонениях.
 - 3) Проектирование тканей и одежды:
 - а) Генерация дизайнов – нейросети (например, Generative Adversarial Networks – GAN) создают уникальные принты и текстуры тканей.
 - б) 3D-моделирование – ИИ помогает визуализировать, как ткань будет вести себя при пошиве, сокращая количество физических образцов.
 - 4) Оптимизация производства:
 - а) Предсказательный ремонт оборудования – ИИ анализирует вибрации, температуру и другие параметры станков, предупреждая поломки.
 - б) Энергоменеджмент – алгоритмы оптимизируют расход воды, электроэнергии и красителей, снижая себестоимость.
 - 5) Персонализация и массовая кастомизация:
 - а) Рекомендательные системы – ИИ предлагает покупателям индивидуальные варианты одежды на основе их предпочтений.
 - б) Цифровая настройка лекал – автоматическая адаптация выкроек под разные размеры и фигуры (например, в производстве по запросу).
 - б) Устойчивое развитие и переработка:
 - а) Сортировка текстильных отходов – компьютерное зрение разделяет ткани по составу для эффективной переработки.
 - б) Оптимизация расхода материалов – ИИ минимизирует обрезки при раскрое, снижая отходы.
- Примеры внедрения ИИ в текстильной промышленности:
- Siemens использует ИИ для мониторинга оборудования на текстильных фабриках.
 - Lectra (Франция) разрабатывает ИИ-решения для автоматизированного раскроя ткани.
 - Zara применяет ИИ для прогнозирования спроса и управления запасами.

Ход работы

Для нашего исследования использовались две платформы на базе ИИ, DeepSeek и ChatGPT. Обе модели — генеративные ИИ (LLM, Large Language Models), но у них есть ключевые различия в возможностях, производительности и специализации.

Им были заданы одинаковые запросы, далее формировались соответствующие таблицы (рис. 1, 2) и полученные результаты сравнивались.

В процессе работы были заданы следующие запросы:

- 1) Назови 15 характеристик ткани
- 2) Оформи таблицу из 20 тканей с данными характеристиками

- 3) Заменяем показатели "низкая" на "1", "средняя" на "2", и "высокая" на "3"
- 4) Разделим столбцы "состав" и "особенности" на отдельные столбцы, с входящими в них характеристиками

№	Ткань	Натуральные волокна	Синтетические волокна	Смесовые волокна	Комфорт	Гипоаллергенность	Износостойкость	Теплорегуляция	Уход	Плотность (г/м ²)	Воздухопроницаемость	Гигроскоп.	Эластич.	Прочн.	Усадка	Пиллинг
1	Хлопок	100%	-	-	3	3	2	2	2	100-300	3	3	1	2	Да	1
2	Лен	100%	-	-	2	3	3	2	1	150-400	3	3	1	3	Да	1
3	Шёлк	100%	-	-	3	2	1	2	3	30-100	2	2	1	1	Да	1
4	Шерсть	100%	-	-	2	2	3	3	3	200-600	2	3	2	3	Да	2
5	Вискоза	100%	-	-	3	2	1	2	2	80-200	3	3	1	1	Да	2
6	Полиэстер	-	100%	-	1	1	3	1	1	50-300	1	1	1	3	Нет	3
7	Нейлон	-	100%	-	1	1	3	1	1	40-200	1	1	2	3	Нет	1
8	Эластан	-	100%	-	2	1	2	1	1	10-100	1	1	3	2	Нет	1
9	Бамбук	100%	-	-	3	3	2	2	2	120-250	3	3	2	2	Да	1
10	Кашемир	100%	-	-	3	3	2	3	3	200-400	2	3	2	2	Да	2
11	Тенсел	100% (анкалит)	-	-	3	3	2	2	2	100-250	3	3	1	2	Да	1
12	Флис	-	100% (полиэстер)	-	2	1	3	3	1	150-400	2	1	2	3	Нет	3
13	Джинса	70-100% хлопок	0-30% полиэстер	Да	2	2	3	2	2	300-500	2	2	1	3	Да	1
14	Бархат	30-80% (хлопок/шёлк)	20-70% (полиэстер)	Да	3	2	2	2	3	200-400	1	2	1	2	Да	2
15	Гипюр	20-50% (хлопок)	50-80% (полиэстер)	Да	2	2	1	1	2	50-150	3	2	1	1	Нет	1
16	Твид	70-100% шерсть	0-30% (нейлон)	Да	2	2	3	3	3	300-600	2	3	1	3	Да	1
17	Сатин	50-100% хлопок	0-50% (полиэстер)	Да	3	2	2	2	2	100-200	2	2	1	2	Да	1
18	Органза	0-30% шёлк	70-100% полиэстер	Да	1	1	1	1	1	10-50	3	1	1	1	Нет	1
19	Вельор	30-70% (хлопок)	30-70% (полиэстер)	Да	3	2	2	2	2	200-400	1	2	1	2	Да	2
20	Неопрен	-	100% (каучук)	-	1	1	3	1	1	500-1000	1	1	2	3	Нет	1

Находим характеристики строим таблицу

Назови 15 характеристик ткани оформи таблицу из 20 тканей с данными характеристиками замени показатели "низкая" на "1", "средняя" на "2", и "высокая" на "3" раздели столбцы "состав" и "особенности" на отдельные столбцы, с входящими в них характеристиками

Задачи, решаемые с помощью этой таблицы Сравнение тканей между собой

Ключевые слова:
 1 - Низкий показатель
 2 - Средний показатель
 3 - Высокий показатель

Рисунок 1 – Данные, полученные через DeepSeek

№	Название ткани	Состав	Плотность (г/м ²)	Текстура	Эластичность	Прочность	Водоотталкивающие свойства	Воздухопроницаемость	Теплоизоляция	Устойчивость к свету	Устойчивость к химии	Сминаемость	Стойкость к загрязнениям	Долговечность	Экологичность
1	Хлопок	Хлопок	150	Мягкая	1	3	1	3	2	2	2	2	3	3	2
2	Полиэстер	Полиэстер	200	Гладкая	2	3	3	2	1	3	3	1	2	3	1
3	Шерсть	Шерсть	250	Шершавая	1	3	1	1	3	2	2	3	2	3	2
4	Вискоза	Вискоза	120	Мягкая	2	2	1	3	1	2	1	2	1	2	1
5	Сатин	Хлопок	160	Гладкая	1	3	1	2	2	2	1	1	3	3	2
6	Деним	Хлопок	300	Грубая	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3	2
7	Твид	Хлопок	180	Грубая	1	3	1	1	3	2	2	3	2	3	2
8	Кашемир	Кашемир	200	Мягкая	1	3	1	1	3	2	1	1	3	3	2
9	Атлас	Полиэстер	150	Гладкая	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1
10	Шифон	Полиэстер	80	Легкий	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
11	Флис	Полиэстер	200	Мягкий	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
12	Креп	Полиэстер	150	Гладкая	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
13	Тюль	Полиэстер	80	Легкая	1	1	3	3	1	3	3	3	3	3	1
14	Канва	Хлопок	250	Грубая	1	1	3	3	2	2	2	2	2	2	1
15	Лен	Лен	200	Грубая	1	3	2	2	3	3	3	1	1	3	1

Назови 15 характеристик ткани оформи таблицу из 20 тканей с данными характеристиками замени показатели "низкая" на "1", "средняя" на "2", и "высокая" на "3" раздели столбцы "состав" и "особенности" на отдельные столбцы, с входящими в них характеристиками

Рисунок 2 – Данные, полученные через ChatGPT

Данные таблиц взяты из российских национальных стандартов (ГОСТ) в области испытаний и анализа материалов [3].

Было выявлено, что DeepSeek больше подходит для работы с таблицами. Для корректного составления таблицы с помощью ChatGPT, пришлось добавить несколько дополнительных запросов, которые по своей сути не отличались друг от друга «Оформи полученные результаты в таблицу».

Сравнение работы платформ DeepSeek и ChatGPT

Каждая платформа предназначена для решения конкретных задач. В таблице 1 приведены сравнительные показатели для платформ DeepSeek и ChatGPT.

Таблица 1 - Сравнение работы платформ DeepSeek и ChatGPT

Критерий	DeepSeek	ChatGPT (GPT-4)
Специализация	Оптимизирован для технических и промышленных задач, включая анализ данных.	Универсальный, но требует тонкой настройки под нишевые задачи.
Работа с данными	Поддерживает загрузку PDF, Excel, что полезно для анализа ГОСТов, ТУ, отчетов.	Ограниченная работа с файлами (только текст).
Техническая поддержка	Лучше разбирается в материаловедении, инженерии, может давать точные рекомендации по свойствам тканей.	Общие ответы, иногда требует уточнений.
Многоязычность	Хорошо понимает русский и английский, но меньше поддерживает редкие языки.	Лучше адаптирован под разные языки.
Контекст и память	Длинный контекст (128К токенов), подходит для анализа больших ТЗ и документов.	Обычно 32К (в GPT-4 Turbo), может "забывать" детали.
Скорость и стоимость	Бесплатный, быстрый.	Бесплатный (GPT-3.5), но GPT-4 платный и медленнее.

Вывод:

- Выберите DeepSeek, если нужен анализ технических данных, ГОСТов, свойств материалов и работа с файлами.
- Выберите ChatGPT, если важна многоязычность и общие бизнес-задачи (маркетинг, описания товаров).

Оба ИИ полезны, но DeepSeek лучше подходит для инженерных и производственных задач в текстильной сфере.

Заключение

Современные технологии искусственного интеллекта открывают новые перспективы в анализе и поиске характеристик материалов, значительно ускоряя научные исследования и промышленные разработки. Методы машинного обучения, глубокого обучения и обработки больших данных позволяют эффективно прогнозировать свойства материалов, оптимизировать их состав и структуру, а также сокращать время и затраты на эксперименты.

Благодаря алгоритмам глубокого обучения и методам обработки больших данных исследователи могут выявлять сложные закономерности, недоступные при классическом подходе. В частности, нейросетевые модели позволяют прогнозировать механические, термические и электрофизические параметры материалов на основе их химического состава и микроструктуры. Особое внимание уделяется вызовам, связанным с внедрением этих технологий, таким как необходимость в качественных обучающих выборках, интерпретируемости моделей и интеграции ИИ с физическими исследованиями.

Однако внедрение ИИ в материаловедение сталкивается с рядом проблем, таких как нехватка качественных данных, сложность интерпретации моделей и необходимость междисциплинарного подхода. Дальнейшее развитие алгоритмов, совершенствование вычислительных методов и интеграция с экспериментальными исследованиями позволят преодолеть эти ограничения, способствуя созданию инновационных материалов с заданными свойствами.

Список литературы

1. Иванов А.В., Петров С.К. Применение искусственного интеллекта в материаловедении: современные тенденции и перспективы // Научный журнал "Материаловедение". – 2022. – № 5. – С. 45-58.

2. Смирнов Л.Н., Кузнецов Д.А. Машинное обучение для прогнозирования свойств композиционных материалов // Вестник инженерных наук. – 2021. – Т. 12, № 3. – С. 78-92.
3. Российские национальные стандарты (ГОСТ) в области испытаний и анализа материалов.

References

1. Ivanov A.V., Petrov S.K. Application of artificial intelligence in materials science: modern trends and prospects // Scientific journal "Materials Science". - 2022. - No. 5. - P. 45-58.
2. Smirnov L.N., Kuznetsov D.A. Machine learning for predicting the properties of composite materials // Bulletin of Engineering Sciences. - 2021. - Vol. 12, No. 3. - P. 78-92.
3. Russian national standards (GOST) in the field of testing and analysis of materials

УДК 004.921

У.С. Шигаева, М.А. ЕрминаСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**РАЗРАБОТКА КОЛЛЕКЦИИ РЕМНЕЙ В СТИЛЕ РЕТРО**

© У.С. Шигаева, М.А. Ермина, 2026

В статье используются материалы, разработанные в редакторе векторной графики по созданию коллекции ремней в стиле ретро. При разработке были учтены современные тенденции моды, потребность в самовыражении.

Ключевые слова: графический редактор, векторная графика, стиль ретро.

U.S. Shigaeva, M.A. ErminaSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, Saint Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**DESIGNING OF A RETRO-STYLE BELT COLLECTION**

This article uses materials developed in a vector graphics editor for the creation of a retro-style belt collection. The development took into account current fashion trends and the need for self-expression.

Keywords: graphic editor, vector graphics, retro style.

Современный этап развития дизайна при проектировании одежды характеризуется активной цифровизацией всех процессов создания изделий. В этих условиях профессиональное владение специализированным программным обеспечением становится неотъемлемой компетенцией дизайнера-конструктора. Одной из ключевых программ, используемых для создания технических эскизов и конструкторской документации, является CorelDRAW.

Актуальность статьи обусловлена возрастающими требованиями к цифровой подготовке специалистов швейной отрасли. Умение создавать профессиональные технические эскизы, разрабатывать лекала и визуализировать проектные решения в векторных редакторах является критически важным навыком для современного дизайнера. Коллекционирование винтажных ремней сегодня – это уже не увлечение ретро-аксессуарами, а стремление к поиску и обладанию такими предметами гардероба.

В основе растущего интереса лежит подход к осознанному потреблению. В мире, уставшем от быстрой моды, винтажный ремень воспринимается как готовое, безупречное решение – ему не требуются новые ресурсы, он уже прожил долгую жизнь и готов служить дальше. При этом качество старых вещей говорит само за себя: плотная, выдержанная кожа и добротная фурнитура прошлых десятилетий зачастую намного превосходят современные аналоги, обещая своему владельцу долговечность, которую сегодня сложно найти среди доступных изделий.

Вместе с этим растет запрос на уникальность и глубокое самовыражение через стиль. Винтажный ремень – это всегда история. Индивидуальные потертости и следы эпохи делают его живым аксессуаром с характером. Он позволяет создать образ, который невозможно повторить. Этот поиск аутентичности напрямую перекликается с модными эпохами 70-х, 80-х и 90-х годов. Широкие кожаные ремни с брутальной пряжкой, изящные металлические конструкции или минималистичные модели – в винтаже можно найти идеальную версию любого актуального тренда, превратив аксессуар в ключевую деталь всего образа.

Для многих такое коллекционирование – это еще и инвестиция. Рынок качественного винтажа, особенно изделий известных домов моды или редких авторских работ, демонстрирует устойчивый рост. Пряжка из серебра с ручной гравировкой или ремень культового бренда прошлой эпохи со временем не теряют, а приумножают свою материальную и культурную ценность.

Винтажный ремень в современных условиях – это ключевой элемент неповторимого образа. Он позволяет соединить современный минимализм с брутальным духом 70-х, добавить дерзости классическому костюму или собрать воедино сложный многослойный образ. Коллекция создавалась для тех, кто ценит детали, коллекционирует состаренные вещи, а в своём стиле ценит прежде всего историю.

Представленная коллекция предназначена для людей, ищущих уникальность в мире масс-маркета, которые видят в винтажном ремне готовый арт-объект. Она также обращена к сторонникам осознанного

потребления, ценящим качественную кожу и долговечную фурнитуру. Не меньше она находит отклик у ценителей истории и тактильных ощущений – тех людей, для кого важны фактура состаренной кожи, вес металла и связь с прошлым. Для современных стилистов и экспериментаторов эти ремни становятся ключевым инструментом, помогающим воссоздать дух 70-х или 90-х.

Этапы процесса создания первой модели ремня в CorelDRAW представлены на рисунке 1. Этот ремень – как из фильма про ковбоев или эталонных байкеров прошлой эпохи. В нём всё широкое, массивное и сразу бросается в глаза. Основная часть – это полоса широкой, толстой коричневой кожи. Она не гладкая и новая, а состаренная, с видимыми прожилками и характером. Цвет – тёплый и глубокий. Такая кожа со временем становится только лучше и удобнее. Но главный элемент – это пряжка, она такая же широкая, массивная и покрыта позолотой. Это массивное, литое украшение с чёткими гранями. Позолота не кричаще-блестящая, а с налётом благородного блеска, она тяжело и уверенно лежит в руке. Ремень создан для тех, кто любит brutальные вещи и не боится быть в центре внимания, подойдет для фанатов стиля 70-х и 80-х, классической эпохи диско, рока и смелых экспериментов. Он идеально подойдет к широким брюкам-клёш, джинсам-бананам или кожаной куртке. С таким ремнем можно произвести впечатление на концерте известных групп, играющих рок музыку. Можно собрать образ, дополняя ремень джинсами бананами и фирменной футболкой с логотипом известной музыкальной группы.



Рис. 1. Ретро-ремень. Модель 1

Этапы процесса создания второй модели ремня в среде CorelDRAW представлены на рисунке 2. Этот ремень – находка для любителей винтажного стиля. Он сделан не из кожи, а из плотных джинсовых лент. Они прочные, удобные и сразу создают расслабленное настроение. Главная изюминка – его пряжка. Это не стандартная железная деталь, а широкая, солидная пряжка из жёлтого металла, на которой крупными выпуклыми буквами выгравировано «С D». Буквы привлекательно блестят и сразу притягивают взгляд, добавляя образу немного шика и загадки. Этот ремень прошел через время – на джинсовой ленте предусмотрены лёгкие потертости, а металл характеризуется мягким, неярким блеском. Это не недостаток, а его главное достоинство, которое доказывает, что вещь настоящая, со своей историей. Этот ремень подойдет тем, кто ценит намёки и детали: Инициалы «С D» на пряжке – это как маленький секрет или личный талисман, который делает аксессуар уникальным. Такой ремень можно вписать в любой повседневный образ. Например, можно использовать его для похода на работу, если его подобрать к качественной белой рубашке свободного кроя или совместить с платьем в романтическом образе.



Рис. 2. Ретро-ремень. Модель 2

Этапы процесса создания третьей модели ремня в CorelDRAW представлены на рисунке 3.

Основная часть этого ремня будет изготовлена из настоящей толстой кожи. Она не новая и глянцевая, а мягкая, будто её много носили. Цвет у неё глубокий коричневый, на поверхности видны мелкие потертости. Вместо обычной пряжки здесь кольца из позолоченного металла – не тоненькие и блестящие, а массивные, тяжёлые, с приглушённым, тёплым блеском. Они присутствуют в конструкции не просто для эстетической функциональности – через них продета кожа. Этот ремень подойдет тем, кто не любит работать на публику и привлекать повышенное внимание. Эта модель ремня – в первую очередь не про огромный логотип, чтобы все обратили внимание на аксессуар и высказались эмоционально на этот счет. Данный аксессуар обеспечивает уверенность. Человек, который его наденет, ценит качество и уровень дизайнера, а не ярлычки.



Рис. 3. Ретро-ремень. Модель 3

Этапы процесса создания четвертой модели ремня в CorelDRAW представлены на рисунке 4. Данный ремень – абсолютно уникальная винтажная вещь. Самое интересное в нём – две стороны с разным цветом: с одной стороны, он тёмный, а с другой – светлый. Это не краска, а два разных куска настоящей толстой кожи, соединенных вместе с помощью металлического кольца. Такая сдвоенная конструкция делает ремень интересным на вид. Но самая главная деталь, которая в первую очередь притягивает взгляд – это его пряжка, которая сделана в виде копыта. Это не просто металлическая пластинка, а детально проработанная литая пряжка, которая повторяет форму настоящего лошадиного копыта. Она покрыта состаренной позолотой тёмной латунью, отчего выглядит подобно старинному талисману. Сочетание двойной кожи и такой необычной пряжки создаёт ощущение, что этот ремень принадлежал человеку с характером – путешественнику или просто свободолюбивой творческой натуре. Этот ремень для тех, кто

ищет не просто аксессуар, а вещь с историей и особенный символ. Подойдет для поклонников эстетики Дикого Запада, кантри или сафари. Пряжка-копыто сразу провоцирует отсылки к образам лошадей и приключений в неосвоенных пространствах. Также подойдет любителям вещей с душой и смыслом – тем, кому важна символика в каждом аксессуаре. Копыто в ряде культур традиционно считается талисманом на удачу и символом движения вперед. Именно такой тип ремня создает эстетику 2000-х годов. Совместно с джинсами клеш такой ремень возвращает в эпоху популярных личностей таких, как Бритни Спирс, в ее музыкальных клипах подобные образы были символом молодости и драйва.



Рис. 4. Ретро-ремень. Модель 4

Этапы процесса создания пятой модели ремня в CorelDRAW представлены на рисунке 5. Этот винтажный ремень – настоящая находка для смелой и игривой натуры, в нём соединились образ гламура и дерзкий дух прошлой эпохи. Основа изделия – кожаная лента с леопардовым принтом. Это не наклеенная плёнка, а качественная окрашенная кожа, узор которой со временем стал ещё благороднее. Принт не кричащий, а приглушённый, сам по себе создает яркий акцент. Но чтобы уравновесить гламурный принт, ремень дополняет элегантная пряжка из светлого золота. Она не массивная, а изящная, с белым золотистым отливом и мягким сиянием. Пряжка добавляет образу лоска, превращая дерзкий принт в утончённый аксессуар. Вместе они создают идеальный баланс: дикая энергия плюс сдержанная элегантность. Этот ремень сделает любой образ ярче, он адресован тем, кто не боится привлекать внимание и играть со стилем, – например, поклонницам классики с характером. Для тех, кто обожает тихую роскошь, но с изюминкой или наоборот для любительниц рок-н-рольной эстетики. Он будет идеально сочетаться с кожаной курткой, свободной белой рубашкой, джинсами и простыми футболками, добавляя образу дерзости. Такой ремень можно усилить еще одним дополнительным аксессуаром, например, сапогами, чтобы сделать образ ярче и смелее. Можно также подобрать очки с подобным принтом на оправе.



Рис. 5. Ретро-ремень. Модель 5

Заключение. В процессе создания творческого проекта был разработан ассортиментный ряд моделей ремней, при создании которого были творчески переосмыслены модные тенденции 70-х, 80-х и 90-х годов. В процессе создания коллекции ремней в стиле ретро были применены знания и практические навыки в области компьютерного моделирования средствами редактора векторной графики. На рисунке 6 представлена итоговая визуализация созданной коллекции винтажных ремней.



Рис. 6. Разработанный ассортиментный ряд ремней

Список литературы

1. Костылева, В. В. Практикум по конструированию изделий из кожи: учеб. пособие / В. В. Костылева, В. М. Ключникова. – М.: ИНФРА-М, 2025. – 459с.
2. Костылева, В. В. Конструирование изделий из кожи: учебник студентам ВУЗов / В. В. Костылева, В. М. Ключникова. – М.: ИНФРА-М, 2025. – 353с.
3. Махоткина, Л. Ю. Конструирование изделий легкой промышленности. Конструирование изделий из кожи: учебник студентам ССУЗов / Л. Ю. Махоткина, Л.Л. Никитина, О. Е. Гаврилова. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 324с.
4. Ермин Д. А. Компьютерное моделирование. Основы векторной графики [Электронный ресурс]: практикум / Ермин Д. А., Ерина М. А. – Санкт-Петербург: СПбГУПТД, 2023.– 75 с.– Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2023120, по паролю.
5. Южаков М.А. Информационные технологии. Векторная графика. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие / Южаков М.А. – Санкт-Петербург: СПбГУПТД, 2020.– 80 с.– Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202061, по паролю.
6. Южаков М.А. Информационные технологии. Векторная графика. Ч. 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие / Южаков М.А. – Санкт-Петербург: СПбГУПТД, 2020.– 88 с.– Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2020366, по паролю.

References

1. Kosty`leva, V. V. Praktikum po konstruirovaniyu izdelij iz kozhi: ucheb. posobie / V. V. Kosty`leva, V. M. Klyuchnikova. – M.: INFRA-M, 2025. – 459s.
2. Kosty`leva, V. V. Konstruirovaniye izdelij iz kozhi: uchebnyy knizhnik studentam VUZov / V. V. Kosty`leva, V. M. Klyuchnikova. – M.: INFRA-M, 2025. – 353s.
3. Maxotkina, L. Yu. Konstruirovaniye izdelij legkoj promy`shlennosti. Konstruirovaniye izdelij iz kozhi: uchebnyy knizhnik studentam SSUZov / L. Yu. Maxotkina, L.L. Nikitina, O. E. Gavrilova. – M.: INFRA-M, 2023. – 324s.
4. Ermin D. A. Komp`yuternoye modelirovaniye. Osnovy` vektornoj grafiki [E`lektronnyy` resurs]: praktikum / Ermin D. A., Ermina M. A. – Sankt-Peterburg: SPbGUPTD, 2023.– 75 s.– Rezhim dostupa: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2023120, po parolyu.
5. Yuzhakov M.A. Informacionny`e tehnologii. Vektornaya grafika. Chast` 1 [E`lektronnyy` resurs]: uchebnoye posobie / Yuzhakov M.A. – Sankt-Peterburg: SPbGUPTD, 2020.– 80 s.– Rezhim dostupa: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202061, po parolyu.
6. Yuzhakov M.A. Informacionny`e tehnologii. Vektornaya grafika. Ch. 2 [E`lektronnyy` resurs]: uchebnoye posobie / Yuzhakov M.A. – Sankt-Peterburg: SPbGUPTD, 2020.– 88 s.– Rezhim dostupa: http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2020366, po parolyu.

УДК 004.023

Ш.Н. Эрмamatова, К.А. Панасюк

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

**ИССЛЕДОВАНИЕ АСПЕКТОВ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО
ДЛЯ ПРОДАЖИ ДЕТСКОЙ ОДЕЖДЫ**

© Ш.Н. Эрмamatова, К.А. Панасюк, 2026

Эта статья проводит обзор основных аспектов, необходимых для разработки веб-приложения, ориентированного на продажу детской одежды. Анализируются технологические аспекты, дизайн, безопасность, управление контентом, а также маркетинговые стратегии, сфокусированные на эффективном привлечении и удержании клиентов. Полученные результаты позволяют выделить оптимальные пути развития веб-приложения с целью достижения максимальной эффективности и коммерческого успеха.

Ключевые слова: веб-приложение, аспекты разработки, языки программирования, функциональность, клиенты.

Sh.N. Ermamatova, K.A. Panasyuk

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya str., 18

**RESEARCH OF THE DEVELOPMENT ASPECTS OF A WEBSITE FOR THE SALE OF CHILDREN'S
CLOTHING**

This article provides an overview of the key aspects required to develop a web application focused on selling children's clothing. It analyzes technological aspects, design, security, content management, as well as marketing strategies focused on effective customer acquisition and retention. The findings help identify optimal paths for the web application's development to achieve maximum efficiency and commercial success.

Keywords: web application, development aspects, programming languages, functionality, clients.

С развитием электронной коммерции и изменением привычек покупателей многие компании стремятся создавать удобные и привлекательные веб-приложения для продажи детской одежды. В этой статье мы рассмотрим аспекты, необходимые для успешной разработки таких веб-приложений, и представим их в логической последовательности.

Выбор технологического стека.

Выбор правильного технологического стека — важнейшая задача при разработке веб-приложения. Выбор языка программирования и фреймворков определяет будущую производительность, масштабируемость и безопасность приложения. К наиболее популярным фреймворкам относятся такие как: Django, Flask, Ruby on Rails и Node.js. Их можно использовать для написания веб-приложений, в том числе, и по продаже детской одежды. Выбор конкретных технологий должен основываться на требованиях проекта, уровне опыта команды разработчиков и предпочтениях клиента.

Дизайн интерфейса и пользовательский опыт.

Эффективный дизайн и удобный интерфейс являются ключевыми факторами успеха веб-приложения. Интерфейс должен быть интуитивно понятным, привлекательным и адаптированным для мобильных устройств. Важно уделять внимание не только визуальной составляющей, но и удобству навигации, размещения контента и интерактивных элементов. Использование современных систем разработки интерфейсов, таких как Material Design или Bootstrap, поможет придать интерфейсу наглядность и современность, что, предположительно, должно привлечь и удержать пользователей.

Интеграция с системами управления контентом и бухгалтерского учета.

Эффективное управление контентом — важная составляющая успешного веб-приложения. Веб-приложение должно быть легко расширяемым и поддерживать различные типы контента, включая описания товаров, изображения, видео и рекламные акции. Также важно обеспечить интеграцию с системами бухгалтерского учета и управления запасами для автоматизации процесса обработки и выполнения заказов. Это упрощает управление товарами, отслеживание запасов и улучшает обслуживание клиентов.

Безопасность и защита данных.

Учитывая конфиденциальность личной информации клиентов и финансовых транзакций, обеспечение безопасности и защиты данных является критически важным аспектом разработки веб-приложений не только для продавцов одежды, но и любой торговле через интернет. Крайне важно внедрять современные методы шифрования и аутентификации, регулярно обновлять систему безопасности и обеспечивать соответствие стандартам защиты данных, таким как GDPR (General Data Protection Regulation, Постановление 2016/679 — постановление Европейского союза, с помощью которого Европейский парламент, Совет Европейского союза и Европейская комиссия усиливают и унифицируют защиту персональных данных всех лиц в Европейском союзе (ЕС)) или HIPAA (Закон Health Insurance Portability and Accountability Act — это постановление федерального органа, разработанное Министерством здравоохранения и социальных служб США). Также важно обеспечить защиту от вредоносных атак и несанкционированного доступа к данным.

Маркетинговые инструменты и аналитика.

Для успешного продвижения и монетизации веб-приложения необходимо внедрить эффективные маркетинговые инструменты и системы анализа данных. Это включает в себя SEO-оптимизацию, управление рекламными кампаниями, анализ поведения пользователей и многие другие инструменты. Анализ данных позволит выявить поведенческие паттерны пользователей, определить эффективность маркетинговых стратегий и принять обоснованные решения для увеличения конверсии и продаж.

Мобильное приложение или адаптивный дизайн.

С учетом растущего числа пользователей, предпочитающих мобильные устройства для онлайн-покупок, важно обеспечить доступность вашего веб-приложения на всех типах устройств. Вы можете рассмотреть разработку отдельного мобильного приложения или использование адаптивного дизайна, который позволит вашему веб-приложению автоматически адаптироваться к различным размерам экранов.

Постоянное обновление и поддержка.

Разработка веб-приложения — это длительный и непрерывный процесс. После запуска приложения важно продолжать его развитие, обновляя функциональность, исправляя ошибки и реагируя на изменения в требованиях пользователей и рынка. Регулярные обновления и поддержка помогут сохранить высокий уровень удовлетворенности пользователей и конкурентоспособность вашего веб-приложения.

Обратная связь и улучшение пользовательского опыта.

Важно предоставить пользователям возможность оставлять обратную связь о работе веб-приложения. Это позволит выявить проблемы и недочеты, а также получить ценные предложения по улучшению пользовательского опыта. Реагирование на обратную связь и внесение соответствующих изменений поможет повысить удовлетворенность пользователей и лояльность к вашему товару.

Постоянное тестирование и оптимизация.

Тестирование веб-приложения на различных этапах разработки позволит выявить и исправить возможные проблемы до их появления у конечных пользователей. Постоянная оптимизация производительности, скорости загрузки и удобства использования также является важной составляющей успешного веб-приложения.

Развитие и масштабирование.

После успешного запуска веб-приложения важно продолжать его развитие и масштабирование. Новые функции и возможности, добавление новых товаров и услуг, а также расширение рынка и аудитории помогут сохранить конкурентоспособность вашего веб-приложения и обеспечить его долгосрочный успех.

Успешная разработка и запуск веб-приложения для детской одежды требует глубокого изучения и реализации нескольких ключевых аспектов. В этой статье мы рассмотрим дополнительные факторы, которые следует учитывать при создании такого приложения.

Интеграция с системами оплаты и доставки.

Одним из ключевых аспектов успешного веб-приложения для детской одежды является интеграция с различными системами оплаты и доставки. Это позволяет покупателям совершать удобные и безопасные покупки, выбирая предпочтительные способы оплаты и доставки. Интеграция с популярными платежными шлюзами, такими как PayPal, Stripe, и службами доставки обеспечивает безопасный и удобный процесс покупок.

Персонализация и рекомендательные системы.

Применение персонализированных подходов к каждому клиенту способствует улучшению пользовательского опыта и увеличению конверсии. Веб-приложение может использовать данные о предыдущих покупках, предпочтениях и поведенческих паттернах клиентов для предложения персонализированных акций, скидок и рекомендаций. Реализация рекомендательных систем на основе алгоритмов машинного обучения поможет повысить эффективность продаж и улучшить взаимодействие с клиентами.

Системы управления заказами и обратной связью.

Управление заказами и обратной связью играет ключевую роль в обеспечении эффективного уровня обслуживания клиентов. Веб-приложение должно предоставлять возможность отслеживать статус заказа, обеспечивать своевременное уведомление о его изменениях и обеспечивать возможность быстрой связи с клиентской поддержкой. Реализация системы управления заказами и обратной связью поможет повысить удовлетворенность клиентов и улучшить их опыт взаимодействия с приложением.

Работа с отзывами и рейтингами продуктов.

Отзывы и рейтинги продуктов играют важную роль в формировании доверия к бренду и принятии решения о покупке. Веб-приложение должно предоставлять возможность клиентам оставлять отзывы и оценивать продукты, а также публиковать положительные отзывы на странице товара. Активное участие в обработке отзывов, реагирование на негативные комментарии и регулярное обновление рейтингов продуктов помогут создать положительный имидж бренда и повысить доверия клиентов.

Стратегия управления запасами.

Эффективное управление запасами играет важную роль в обеспечении непрерывности поставок и удовлетворения спроса потребителей. Веб-приложение должно предоставлять возможность отслеживать уровень запасов, автоматически пополнять их при необходимости и оптимизировать процесс управления инвентарем. Реализация стратегии управления запасами поможет предотвратить ситуации с нехваткой товаров и сократить потери из-за излишков.

Интеграция с социальными сетями и общественными платформами.

Включение функциональности обмена информацией о продуктах и покупках через социальные сети и общественные платформы способствует распространению информации о товарах и привлечению новых клиентов. Интеграция с популярными социальными сетями, такими как ВКонтакте, Facebook, Instagram, а также с обзорными и рейтинговыми платформами, позволит клиентам делиться своим опытом и рекомендациями с другими пользователями.

В результате проведенного исследования аспектов разработки веб-приложения, направленного на продажу детских товаров, стало ясно, что создание успешного онлайн-магазина требует комплексного подхода и учета множества факторов. Веб-приложение должно обладать интуитивно понятным интерфейсом, масштабируемой архитектурой, безопасной системой оплаты и доставки, а также эффективными маркетинговыми инструментами для привлечения и удержания клиентов.

Важным результатом исследования стало выявление значимости персонализации и адаптивности веб-приложения под различные устройства. Пользователи ценят индивидуальный подход и удобство использования мобильных устройств для онлайн-покупок, поэтому интеграция адаптивного дизайна и персонализированных рекомендаций может значительно повысить конверсию и уровень удовлетворенности клиентов.

Кроме того, исследование подчеркнуло важность эффективного управления контентом, обратной связью и аналитикой для постоянного улучшения пользовательского опыта и принятия обоснованных решений в процессе развития веб-приложения.

Таким образом, анализ различных аспектов разработки веб-приложения для продажи детской одежды позволяет выделить ключевые моменты, на которые необходимо обратить внимание для достижения успеха и конкурентоспособности на рынке онлайн-торговли.

Список литературы

1. Акила, К. Интернет-магазин с нуля. Полное пошаговое руководство [Текст] / К. Акила, А. Еремеевский.- СПб. : Питер, 2013. – 176 с.
2. Бабаев, А. Создание сайтов [Текст] / А. Бабаев, Н. Евдокимов. – М. : 2016. – 304 с.
3. Вора, П. Шаблоны проектирования Web-приложений [Текст] / П. Вора. – М. : Эксмо, 2013. – 312 с.
4. Дунаев, В. Базы данных. Язык SQL для студента [Текст] / В. Дунаев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 132 с.
5. Ульман, Л. PHP и MySQL. Создание интернет-магазинов [Текст] / Л. Ульман. – М. : Вильямс, 2015. – 544 с.

References

1. Akila, K. Internet Store from Scratch. Complete Step-by-Step Guide / K. Akila, A. Ereemevsky. - St. Petersburg: Piter, 2013. - 176 p.
2. Babaev, A. Website Development / A. Babaev, N. Evdokimov. - Moscow: 2016. - 304 p.
3. Vora, P. Web Application Design Patterns / P. Vora. - Moscow: Eksmo, 2013. - 312 p.
4. Dunaev, V. Databases. SQL Language for Students / V. Dunaev. - St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2012. - 312 p.
5. Ullman, L. PHP and MySQL. Creating Online Stores / L. Ullman. - Moscow: Williams, 2015. - 544 p.

УДК 004.921

А.С. Якорхина, М.А. ЕрминаСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**СОЗДАНИЕ РЕКЛАМНОГО ЛИСТКА ДЛЯ КАФЕ «ШЕРСТЯНЫЕ ЛАПКИ»**

© А.С. Якорхина, М.А. Ермина, 2026

*В статье используются материалы, разработанные в процессе создания рекламного листка, включая графические наброски и создание в редакторе векторной графики. При разработке был произведен анализ аналогов, критерии потребности в самовыражении.***Ключевые слова:** графический редактор, векторная графика, бренд, дизайн, индивидуальный стиль, рекламный лист.**A.S. Yakorkhina, M.A. Ermina**Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, Saint Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**CREATION OF AN ADVERTISING FLYER FOR THE "WOOLEN PAWS" CAFE***This article uses materials developed during the creation of the advertising leaflet, including graphic sketches and creation in a vector graphics editor. During development, an analysis of analogs and criteria for the need for self-expression were conducted.***Keywords:** graphic editor, vector graphics, brand, design, individual style, advertising leaflet.

Сегодня важной частью продвижения на рынке бренда является создание рекламы, подходящей под предпочтения аудитории, которую может заинтересовать предполагаемый продукт. Важность рекламы заключается в привлечении внимания к условиям и продуктам, предлагаемым брендом. Кроме того, рекламные сообщения часто предназначены для того, чтобы изменить отношение или поведение потребителей. Они могут способствовать формированию позитивного образа бренда, выделяя уникальные преимущества продукта. Реклама является одним из способов общения между производителем и потребителем, она помогает рассказать о продукте, установить контакт с потребителями, выявить их потребности и предпочтения. В условиях свободного рынка реклама помогает компаниям дифференцировать свои предложения и бороться за внимание потребителей.

Рекламный лист, создание которого рассматривается в статье, также относится к разновидности рекламы, имеющей ряд преимуществ. Для разных групп клиентов могут быть подготовлены разные версии рекламных листов, в которых учитываются их предпочтения и интересы, они компактны и легки, что делает их удобными для распространения. Все желающие могут взять рекламный лист с собой. Таким образом, создание рекламного листка для сети кафе представляет из себя проект, который при завершении мог бы принести экономическую выгоду бренду. Отказ от рекламы может стать причиной провала в развитии бренда. Для продвижения бренда, важно понимание того, что он из себя представляет.

Бренд – это образ организации, проявляющийся в демонстрации ее уникальных черт. В характерные черты бренда входят те признаки, с помощью которых можно выделиться на рынке. Идентичности можно добиться с помощью использования визуальных элементов, таких как логотип, цвет, дизайн. Также важным аспектом бренда является коммуникация, осуществляющаяся за счет рекламы и сообщений, отдельно можно выделить наличие у брендов структуры, состоящей из таких деталей, как слоган, форма и конструкция товара, упаковка, фирменный звук, обещания бренда. Оригинальный дизайн, характерный бренду, играет основную функцию в создании образа бренда. Именно дизайн делает образ уникальным, запоминающимся, а также насыщенным теми ассоциациями, которые могут привлечь потребителя. Дизайн создает идентичность бренда и передает потребителю информацию о нем.

В ходе реализации проекта был проведен анализ предметной области, установлены задачи и области применения объекта. Также был произведен обзор аналогов – рассмотрены рекламные листки кафе, предлагающих посетителям общение с животными, помимо функций, предлагаемых в любом кафе.

Рассмотрены фирменные стили аналогичных заведений. Рассмотрим создание рекламного листка для сети кото кафе, то есть кофеен, чей концепт заключается в возможности пообщаться с котами в заведениях бренда. Таким образом, лучшим примером для рассмотрения нюансов дизайна, будет являться дизайн компаний со схожим замыслом. Ниже представлены концепты дизайнов брендов, схожих с тем, для которого создается реклама. Дизайн рассматриваемых брендов можно увидеть на рисунке 1.



Рис. 1. Дизайн брендов

Глядя на логотипы брендов, можно сказать, что их дизайн выделяет компании из сфер кофеен, давая понять, что задумка представленных брендов, каким-либо образом связана с котами. Можно увидеть разницу в том, как именно изображены коты – животные, нарисованные на логотипах брендов, имеют свои особые черты, влияющие на восприятие бренда. Сама манера рисунка, дает представление о характере заведения. Из чего можно сделать вывод, что дизайн справляется со своей задачей, предлагая идентичность бренду. В результате проведенного исследования разработан рекламный листок для сети котокафе, который будет представлять заведения сети на рынке.

Для определения метода реализации проекта поэтапно рассмотрен процесс создания рекламных листов и произведен анализ сферы общепита, в частности кафе.

В создаваемом рекламном листке планируется изобразить компанию, как современный, но при этом отличающийся своей сказочностью бренд. Для выполнения первой задачи предполагается использовать стиль, не отличающийся большим количеством деталей. За атмосферу детской сказки в рекламе бренда будет отвечать легкое искажение пропорций в рисунках и отклонение от реалистичности, в той мере, чтобы не помешать восприятию изображений. Так же округлость изображаемых деталей поможет в выполнении обеих задач.

Каждый бренд с помощью дизайна показывает потенциальному потребителю не только уникальность подхода и самого бренда, но и особенность представляемых им товаров, услуг. В создаваемом проекте кот в основе дизайна бренда укажет на специфичность предлагаемой услуги, а также выделит кофейню среди конкурентов, не специализирующихся на предоставлении возможности предоставить потребителю контакт с котами в их заведении.

При создании графических набросков рекламного листка, опираясь на знания о том, как на восприятие бренда влияет дизайн, можно подобрать стилистические решения, которые будут выгодно представлять бренд в глазах потребителя. Первым из таких качеств можно назвать современный подход к клиенту. Он может проявляться, как возможность онлайн регистрации/ заказа меню/ предварительного просмотра сайта. Продолжается как правило такой подход в современной технике и мебели, оснащенной различными удобствами. У многих людей современность ассоциируется со смягченными минималистичными рисунками, которые будут применяться в каждом из вариантов наброска. Кроме того, важным критерием дизайна является возможность установить эмоциональную связь между брендом и потребителем. Для осуществления данной задачи можно использовать фотографии помещения, кофейни, имеющего те особенности интерьера, что отличаются уникальностью, благодаря чему могут запомниться гостям. Также можно использовать фотографии тех котов, что живут в кафе. После посещения заведения клиенты будут знакомы с котами, изображенными на брошюрах, что будет напоминать о связи эмоциональной связи с посещенным местом. Использование предложенных выше приемов можно увидеть на наброске, изображенном на рисунке 2.

В следующих вариантах наброска рекламного листка будет использовано минималистичное изображение кота, которое предоставит потребителю информацию о бренде, сообщив, что рекламируемое кафе предлагает общение с кошками. Дизайн листка все так же говорит о современности бренда, за счет плавных линий и отсутствия перенасыщенности изображения деталями. Также в данном варианте подразумевается использование фотографий котов, живущих в заведении. Данный вариант можно увидеть на рисунке 3.



Рис. 2. набросок №1 рекламного листка



Рис. 3. набросок №2 рекламного листка

В последнем наброске №3 была добавлена деталь, выделяющая кофейню из ряда подобных себе: все, так же присутствует изображение кошки, представляющее из себя контур для фотографии помещения кофейни. Данный рисунок дополняется решением, проявленным в удлинении хвоста нарисованной кошки. Хвост служит не только границей для рисунка, но и разделением пространства в рекламном листке. Данный вариант наброска можно увидеть на рисунке 4.



Рис. 4. набросок №3 рекламного листка

Последний из набросков соответствует каждому из приведенных ранее пунктов, соответствие которым может быть выгодно для бренда. набросок №3 рекламного листка дает понимание о бренде, выстраивает эмоциональную связь между потребителем и брендом, а также выделяет бренд из ряда подобных ему. Для облегчения работы над рекламным листком, было принято решение дополнить деталями набросок №3 рекламного листка. Дополненный деталями набросок, можно увидеть на рисунке 5.



Рис. 5. Проработанный набросок рекламного листка (лицевая и обратная стороны)

Рассмотрим подбор цветов для рекламного листка. Цвет в дизайне играет одну из самых значимых ролей. От цвета зависит возможность раскрыть само композиционное решение, так и некоторые прочие факторы, присутствие которых в рекламе, может сыграть бренду на руку. Цвет влияет на восприятие бренда, в той же степени, как прочие черты, относящиеся к графической составляющей дизайна. Правильный выбор цвета может усилить влияние дизайна и сделать бренд более запоминающимся. Говоря о влиянии цвета на восприятие бренда, в первую очередь следует разобраться, на какие факторы восприятия потребителем воздействует цвет в дизайне. К этим факторам можно отнести такие преимущества дизайна, как:

1. узнаваемость бренда – часто узнаваемым оказывается именно сочетание цветов, которое вызывает большее количество ассоциаций, связанных с брендом чем прочие аспекты дизайна (более 80 % потребителей узнают бренд именно по цветовому решению). Таким образом, выразительность в цвете запоминается гораздо больше, чем выразительность в рисунке. Этого преимущества цвета я планирую добиваться, подобрав цвета контрастные по тону и по оттенку.

2. привлечение именно целевой аудитории – цвета могут быть именно тем, что привлекает конкретную аудиторию. При создании рекламного листка, подобную деталь можно использовать, зная, что молодые люди предпочитают чистые неприглушенные цвета. Целевой аудиторией бренда, разработка дизайна листка которого представлена в статье, являются именно молодые люди. Причиной тому неординарность идеи бренда, основывающаяся на новшествах, которые как раз-таки и интересуют молодых людей. Так было принято решение использовать чистые цвета.

3. ассоциации – это то, что часто возникает после просмотра рекламы бренда. Цвет тоже может быть основой ассоциации. Мною было принято решение использовать цвета, вызывающие ассоциацию с кофе (оттенки коричневого). Причиной тому стал акцент на новшество в идее бренда, представленный в графической части рекламного листка – реклама насыщена изображениями котов, общение с которыми предоставляет кофейня. Цвет же будет относиться к другому моменту, что может заинтересовать потребителей. Он заключается в том, что заведения бренда в первую очередь являются кофейнями.

Опираясь на знание о том, как цвета влияют на восприятие бренда, были сделаны наброски, на которых представлено то, как будут применяться те преимущества цвета в дизайне, о которых говорится выше. Наброски представлены на рисунке 6.



Рис. 6. Наброски в цвете (лицевая и обратная стороны рекламного листка)

На обеих сторонах рекламного листка будут представлены фотографии кофейни (изображения, созданные с помощью нейросетей). Фотографии будут вписаны в силуэт кота, что на набросках отличается ярким контрастом в тоне. Сам силуэт кота, раскрашен в коричневый цвет, так как на изображениях, представленных в нем, основным цветом будет схожий оттенок коричневого. С помощью светло коричневых и синих пятен, нанесенных на силуэт кота, в набросках показано, что в изображениях

присутствуют не преобладающие массой элементы других цветов. Выбор коричневого цвета для основы дизайна, сделан благодаря ассоциациям, связанным с кофе, которые вызывает данный цвет. Также тона коричневого контрастируют друг с другом, тем самым делая дизайн выразительнее. Один из оттенков имеет светлый тон, другой же темный.

Синий цвет также был использован с целью сделать работу выразительнее. Он контрастирует с оттенками коричневого, так как на его фоне смотрится холодным. Кроме того, синий выглядит ярким и чистым, особенно заметна эта деталь на фоне светлого оттенка коричневого. Такой цвет относится к тем цветам, что привлекают молодую аудиторию – целевую аудиторию бренда.

Таким образом при подборе цветов были учтены все нюансы, которые могут выделить бренд на рынке: цвета вызывают ассоциацию с частью бренда, цвета придают дизайну выразительности, цвета привлекают конкретную целевую аудиторию.

На этапе работы по созданию рекламного листка на основе набросков, уже имеется понимание того, что из себя будет представлять рисунок, изображенный на рекламном листке, и цветовая гамма листка.

Первым этапом при создании электронного варианта рекламного листка стало перенесение набросков в электронный формат, с использованием приложения векторной графики CorelDraw. После чего, с помощью инструмента «Кривая Безье», было ограничено пространство, позже оставшееся однотонным. Слоем ниже, с помощью инструмента «Квадрат», был сформирован прямоугольник, закрашенный в коричневый – основной цвет фотографий, которые будут находиться там, где находится он. Тем же цветом, с помощью инструмента «Кривая Безье», был нарисован силуэт кота, сохранивший свой вид до конца работы. Силуэт был добавлен для понимания направления, в котором работает бренд. Наличие силуэта кота становится акцентом, указывающим на связь того, что предлагает бренд с кошками. Результат преобразований данного этапа представлен на рисунке 7.

Следующим этапом стало создание надписей. Заголовки, выделенные синим цветом, были созданы с помощью инструмента «Текст» и шрифта «Arial». Базовый шрифт, применявшийся для создания подходящих по стилю букв, позже был изменен вручную. Для этого использовался «Инструмент создания форм». Шрифт, применяемый в маленьком тексте, написанном коричневыми буквами, был взят из галереи шрифтов, его название – «Segoe Print». Из надписей на лицевой стороне рекламного листка были добавлены название кофейни, разделы, в которых указаны возможности, предлагаемые брендом, и информация о контактах и месте расположения кофейни. Лицевую сторону рекламного листка, дополненную надписями, можно увидеть на рисунке 8.

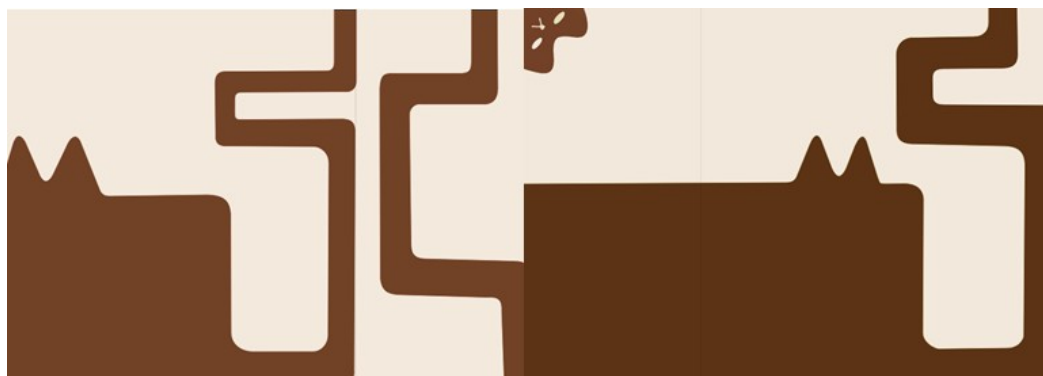


Рис. 7. Рекламный листок с намеченными цветами (лицевая и обратная стороны)

На обратной стороне рекламного листка было продублировано название кофейни и добавлен список имен котов, живущих в кофейне, и меню. Результат этого этапа так же можно увидеть на рисунке 8.

Далее инструментом «Кривая Безье» были нарисованы силуэты котов. Позже, на всех силуэтах были размещены фотографии кошачьих морд. Эти фотографии имеют нужную форму благодаря тому, что с изображений с котами было удалено все кроме кошачьих морд. Также поверх однотонного коричневого слоя были размещены фотографии кофейни, сгенерированные нейросетью. Этот этап стал завершающим.



Рис. 8. Рекламный листок, дополненный текстом (лицевая и обратная стороны)

На лицевой стороне готового рекламного листка теперь имеются указания на название бренда, на предлагаемые им возможности и на контактную информацию. Так же в силуэт кота, указывающий на характер работы бренда, добавлены изображения с помещениями кофейни и местными котами. Описываемые изображения можно увидеть на рисунке 9.



Рис. 9. Готовый рекламный листок (лицевая сторона)

На обратной стороне готового рекламного листка можно увидеть продублированное название кофейни, список с именами котов и меню. Кроме того, имена котов были дополнены фотографиями самих котов. На обратной стороне рекламного листка, так же, как и на лицевой стороне изображены коты, живущие в кофейне и помещение заведения. Обе фотографии также имеют форму кошачьего силуэта. Описываемые изображения можно увидеть на рисунке 10.



Рис. 10. Готовый рекламный листок (обратная сторона)

Заключение. В результате проведенного исследования были выявлены критерии, опираясь на которые была проделана работа над рекламным листком, представляющим из себя источник информации, сообщающий потребителю основную информацию о представляемом бренде: какой товар предлагает организация, как себя позиционирует бренд, чем данный бренд отличается от прочих на рынке. Ключевой особенностью работы является создание проекта с использованием возможности программы CorelDRAW.

Список литературы

- 1 Бабаев, А. Контекстная реклама / А. Бабаев, Н. Евдокимов, А. Иванов. – СПб.: Питер, 2014. – С. 37 – 70
- 2 Лукьянчикова, М. В. История рекламы: учебное пособие / М. В. Лукьянчикова. – Ridero, 2020. – С. 13 – 61
- 3 Рекер, К. Язык цвета. Все о его символике, психологии и истории. – ООО «Издательство «Эксмо», 2024. – С. 170 – 180; 616 -622
- 4 Институт современных знаний имени А. М. Широкова: Значение цвета [Электронный ресурс]. – 2016. – URL: <https://isz.minsk.by/history/spps/color.html> (дата обращения 10.03.2026).

References

- 1 Babaev, A. Kontekstnaya reklama / A. Babaev, N. Evdokimov, A. Ivanov. – SPb.: Piter, 2014. – S. 37 – 70
- 2 Luk'yanchikova, M. V. Istoriya reklamy: uchebnoe posobie / M. V. Luk'yanchikova. – Ridero, 2020. – S. 13 – 61
- 3 Reker, K. YAzyk cveta. Vse o ego simvolike, psihologii i istorii. – ООО «Izdatel'stvo «Eksmo», 2024. – S. 170 – 180; 616 -622
- 4 Institut sovremennyh znaniy imeni A. M. SHirokova: Znachenie cveta [Elektronnyj resurs]. – 2016. – URL: <https://isz.minsk.by/history/spps/color.html> (data obrashcheniya 10.03.2026).

УДК 677-67.06

Туан Д. Х.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна 191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18.

ОБЗОР НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТЕМЕ РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ НАМОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

© Туан Д. Х., 2025.

Данный обзор научных исследований посвящён разработке моделей намоточных изделий и их применению в различных отраслях промышленности, таких как текстильная, аэрокосмическая, автомобильная, электронная и медицинская. Основное внимание уделено методам моделирования, включая геометрические (CAD/CAM), физические (прототипы и макеты) и математические (аналитические и численные) модели, а также их роли в оптимизации процессов проектирования и производства. Рассмотрены ключевые тенденции и перспективы развития, такие как интеграция искусственного интеллекта (ИИ), использование методов конечных элементов (FEM) и разработка многомасштабных моделей. Особое внимание уделено практическому применению моделей для контроля качества, оценки надёжности и долговечности намоточных изделий. Обзор основан на анализе современных исследований и технологий, включая работы ведущих специалистов, таких как Рокотов Н.В., и актуальные публикации в области композитных материалов и автоматизированного производства. Материал структурирован по разделам, охватывающим теоретические основы, существующие модели, перспективные разработки и практические примеры применения.

Ключевые слова: намоточные изделия, моделирование, CAD/CAM, композитные материалы, искусственный интеллект, методы конечных элементов, оптимизация производства.

Tuan D. H.

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design 191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18.

REVIEW OF SCIENTIFIC RESEARCH ON THE TOPIC: DEVELOPMENT OF WINDING PRODUCT MODELS.

This research review focuses on the development of winding product models and their applications across various industries including textiles, aerospace, automotive, electronics, and medical sectors. Special attention is given to modeling methods encompassing geometric (CAD/CAM), physical (prototypes and mock-ups), and mathematical (analytical and numerical) models, along with their role in optimizing design and production processes. Examined key trends and prospects of development, such as integration of artificial intelligence (AI), use of finite element methods (FEM), and development of multiscale models. Special attention is given to the practical application of models for quality control, reliability assessment, and durability evaluation of winding products. The review is based on analysis of contemporary research and technologies, including works by leading experts such as Rokotov N.V., and current publications in the field of composite materials and automated manufacturing. The material is systematically organized into sections covering theoretical foundations, existing models, promising developments, and practical implementation examples.

Keywords: wound products, modeling, CAD/CAM, composite materials, artificial intelligence, finite element methods, production optimization.

1. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ НАМОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Разработка моделей намоточных изделий (НИ) - это важный процесс в текстильной промышленности, который включает в себя создание конструкций и чертежей для производства текстильных изделий методом намотки. НИ включают в себя такие продукты, как ковры, ковровые покрытия, ткани и тросы. Процесс разработки моделей НИ включает в себя учет различных факторов, таких как дизайн, материалы, технологические особенности производства, структура изделия и его функциональное назначение. При разработке моделей НИ учитывается не только внешний вид и эстетические характеристики, но и технические аспекты производства. Это включает в себя выбор подходящих материалов, оптимальное сочетание технологических процессов намотки и учет особенностей конечного продукта. Разработка моделей также может включать в себя тестирование прототипов, анализ структуры и свойств материалов, а также оптимизацию производственных процессов [22].

НИ представляют собой изделия, полученные путем намотки материала на определенный носитель. Такие изделия играют важную роль в различных отраслях, включая электротехнику, медицинское оборудование, а также упаковочную промышленность. Примерами НИ являются катушки, трансформаторы, соленоиды и индукторы, применяемые в различных отраслях, таких как электроника, медицинское оборудование и упаковочная промышленность. [29].

1.1. Значение НИ в различных отраслях промышленности

1.1.1. Значение НИ в текстильной промышленности

НИ в текстильной промышленности играют важную роль в процессе производства тканей и текстильных материалов. НИ имеют важное значение в специальных применениях, особенно в производстве технических тканей.[32]. Они используются для создания каркаса, обеспечивая прочность и форму изделия. Эти материалы могут быть сделаны из различных волокон, включая стекловолокно, углеволокно и арамидные волокна, и обеспечивают высокую прочность и устойчивость к воздействию внешних факторов. [22].

В процессе производства технических тканей НИ также играют важную роль в создании специфической текстуры и свойств материала. Они могут определять структуру и плотность ткани, что влияет на ее характеристики, такие как прочность, теплостойкость, устойчивость к агрессивным средам и другие специальные свойства. [12].

Кроме того, НИ могут быть спроектированы с учетом конкретных требований специального применения, что делает их неотъемлемой частью производства технических тканей для различных отраслей, таких как авиационная, автомобильная, строительная и другие промышленности. Их важность заключается в том, что они обеспечивают оптимальные характеристики материала для конкретных технических задач, повышая качество и функциональность конечных изделий. [26].[20].

Одним из направлений изучения свойств НИ является разработка их компьютерного представления в виде 3D-моделей. Применение данного подхода позволяет на этапе проектирования НИ анализировать внутреннее строение паковок, определять оптимальные параметры процесса намотки, решать задачи оптимизации структуры паковок с целью получения требуемых физико-механических характеристик (прочность, жёсткость, проницаемость изделия). [23].

Поэтому создаваемые интеллектуальные и адаптивные ткани выполняют различные функции, которые улучшают комфорт, производительность и функциональность текстильных изделий.[28]. Вот некоторые из них:

1. Терморегуляция: Интеллектуальные ткани способны реагировать на изменения температуры окружающей среды или на уровень активности человека, обеспечивая оптимальное тепловое комфортное состояние. Это может включать в себя материалы, способные отводить влагу и регулировать теплообмен.

2. Антимикробные свойства: Некоторые интеллектуальные ткани имеют встроенные антимикробные свойства, которые помогают предотвращать размножение бактерий и неприятных запахов, обеспечивая свежесть и гигиеничность.

3. Защита от УФ-лучей: Некоторые ткани способны блокировать ультрафиолетовое излучение, обеспечивая защиту от солнечных лучей и предотвращая повреждение кожи.

4. Самоочистление: Интеллектуальные ткани могут быть обработаны специальными покрытиями, которые облегчают удаление пятен и загрязнений, делая уход за изделием более простым.

5. Адаптивная поддержка: Некоторые ткани способны адаптироваться к движениям тела, обеспечивая оптимальную поддержку и комфорт во время активных действий.

Таким образом, НИ играют важную и многостороннюю роль в текстильной промышленности, влияя на качество производства, свойства конечного продукта и общую эффективность процессов производства.

1.1.2. Значение намоточных изделий в ракетной технике, устойчивых к нагреву и высокому давлению

В ракетной технике НИ играют важную роль благодаря своим характеристикам, таким как высокая прочность, малый вес, устойчивость к высоким температурам и давлению. Эти характеристики не только обеспечивают надежность и долговечность узлов, но и соответствуют особым требованиям к технике, используемой в условиях космического пространства и при запуске ракет. [16].[5].

Устойчивость к высоким температурам и давлению:

НИ изготовленные из термостойких материалов, таких как углеродное волокно и керамика, обладают высокой устойчивостью к высоким температурам, возникающим при трении о воздух и работе двигателей ракеты. Это свойство защищает конструкцию ракеты от теплового повреждения и обеспечивает ее целостность в течение всего полета. [16].

НИ также обеспечивают превосходную устойчивость к высокому давлению, возникающему в топливных баках и двигателях ракеты. Они выдерживают значительные нагрузки, предотвращая разрывы и утечки, что гарантирует безопасный и успешный запуск и полет. [16].

НИ обладают высокой прочностью на разрыв и сжатие, что делает их идеальными для изготовления структурных компонентов ракеты, которые должны выдерживать значительные нагрузки во время запуска и полета. [16].

НИ изготавливаются из легких материалов, таких как углеродное волокно и эпоксидная смола, что позволяет снизить общую массу ракеты и увеличить ее полезную нагрузку. [16].

Примеры намоточных изделий в ракетной технике

Обтекатели ракеты: НИ используются для изготовления обтекателей ракеты, защищающих полезную нагрузку от аэродинамических сил и нагрева во время запуска.

Топливные баки: НИ применяются для создания топливных баков, выдерживающих высокое давление и обеспечивающих надежное хранение и подачу топлива.

Двигатели ракеты: НИ используются в производстве двигателей ракеты, обеспечивая прочность и устойчивость к экстремальным температурам и давлениям во время работы.

В целом, НИ являются незаменимым компонентом в ракетной технике, обеспечивая необходимую прочность, малый вес, устойчивость к высоким температурам и давлению, что позволяет создавать легкие, прочные и надежные ракеты для освоения космоса.

1.1.3. Значение НИ в аэрокосмической промышленности

НИ играют важную роль в аэрокосмической промышленности. Они используются для создания специальных композитных материалов, которые являются основой для производства легких и прочных конструкций, таких как обшивка фюзеляжей, крыльев, рулей и других элементов самолетов и космических аппаратов. Эти материалы обладают высокой прочностью, жесткостью и устойчивостью к различным экстремальным условиям, что делает их идеальным выбором для использования в авиации и космонавтике. НИ спроектированы с учетом требований аэрокосмической отрасли, обеспечивая оптимальные характеристики материала для конкретных технических задач, таких как снижение веса конструкций, повышение аэродинамических характеристик и обеспечение безопасности полетов. [10].

Производство НИ из полимерных композиционных материалов имеет ключевое значение в аэрокосмической промышленности. Эта технология широко используется для создания элементов ферменных конструкций космических аппаратов, а также для изготовления различных оболочек, включая цилиндрические тонко- и толстостенные трубы, закрытые профили прямоугольного сечения, и другие детали, которые имеют важное значение в компонентах ракет и космических аппаратов. [21].[10].

Технологии формообразования намоткой углепластиковых элементов ферменных конструкций космических аппаратов и их научные основы имеют огромное значение в этой отрасли. [21].[1]. Это открывает новые перспективы в области аддитивных технологий для авиакосмической техники, применение которых обеспечивает повышенный интерес в производстве авиационно-космической техники. [11].

Кроме того, НИ обладают высокой устойчивостью к коррозии, усталости материалов и повреждениям, что делает их незаменимыми для создания надежных и долговечных конструкций в аэрокосмической отрасли. [10] [1].

Таким образом, значительное значение НИ в аэрокосмической промышленности связано с их способностью обеспечивать высокую прочность, легкость и надежность конструкций, что позволяет создавать более эффективные и безопасные воздушные и космические аппараты.

1.1.4. Значение НИ в автомобильной промышленности

НИ также играют важную роль в автомобильной промышленности. Они используются для создания композитных материалов, которые являются основой для производства легких и прочных конструкций, таких как кузова, двери, капоты, бамперы и другие элементы автомобилей. Эти материалы обладают высокой прочностью, жесткостью и устойчивостью к различным экстремальным условиям, что делает их идеальным выбором для использования в автомобильной промышленности. НИ спроектированы с учетом требований автомобильной отрасли, обеспечивая оптимальные характеристики материала для конкретных технических задач, таких как снижение веса конструкций, повышение аэродинамических характеристик и обеспечение безопасности вождения. [22].

НИ имеют важное значение в автомобильной промышленности. Они широко используются в производстве различных автомобильных элементов и узлов, включая обмотку электродвигателей, генераторов, трансформаторов, обмоточные провода для электроприводов, электроники и электромеханического оборудования. Также, НИ играют важную роль в компонентах системы зажигания, системы впрыска топлива и системы управления двигателем в автомобилях. Благодаря своей функциональности и надежности, НИ способствуют повышению эффективности производства, улучшению качества продукции и созданию конкурентоспособных автомобильных компонентов. [22].[2].

1.1.5. Значение намоточных изделий в производстве электроники

НИ играют важную роль в производстве электроники. Они представляют собой компоненты, которые

являются неотъемлемой частью электронных компонентов, таких как катушки индуктивности, дроссели, трансформаторы, и электромагнитные катушки. [6].

НИ обладают несколькими преимуществами для электрических компонентов и устройств. Они способны улучшить эффективность и производительность электрических систем, сократить их размеры и вес. Кроме того, они обладают высокой плотностью мощности, прочностью и износостойкостью, что способствует увеличению срока службы и снижению затрат на обслуживание. Также НИ могут быть спроектированы по индивидуальному заказу, учитывая специфические требования различных приложений. [26].

Вот некоторые области, где НИ имеют важное значение в электронике:

Трансформаторы и индуктивности: НИ используются для создания обмоток трансформаторов и индуктивностей, которые необходимы для преобразования электрической энергии, фильтрации сигналов, стабилизации напряжения и других функций.

Электродвигатели и генераторы: В электродвигателях и генераторах также применяются НИ для создания обмоток статора и ротора, обеспечивая необходимые магнитные поля для преобразования энергии. [17].

Обмоточные провода: Намоточные провода используются в электронике для соединения компонентов, передачи сигналов и электропитания. Они могут быть использованы в различных устройствах, от мелких электронных устройств до сложных промышленных систем. [17].

Электронные устройства: НИ также используются в производстве различных электронных устройств, таких как сенсоры, измерительные приборы, преобразователи сигналов и другие компоненты. [17].

В целом, НИ играют важную роль в создании электрических компонентов и устройств, обеспечивая их работоспособность, надежность и эффективность. Они способствуют развитию современной электроники и обеспечивают функциональность многих устройств, которые мы используем в повседневной жизни.

1.1.6. Значение НИ в Фильтровальное оборудование в медицинской промышленности

НИ играют важную роль в фильтровальном оборудовании, особенно в медицинской промышленности. Эти изделия применяются для создания фильтровальных элементов, которые фильтруют жидкости и газы, обеспечивая таким образом чистоту и безопасность медицинских препаратов и дезинфицированных сред. Например, фильтрующие элементы, состоящие из намотанных материалов, используются в медицинских фильтрационных системах для очистки воды, воздуха и различных жидкостей. [18].[8].

Практические примеры:

Фильтры для диализа: НИ используются в качестве каркаса для мембран в фильтрах для диализа. Эти фильтры удаляют отходы и избыток жидкости из крови пациентов с почечной недостаточностью. [30].

Фильтры для очистки воздуха: НИ поддерживают фильтрующий материал в фильтрах для очистки воздуха, которые удаляют вредные частицы, такие как пыль, пыльца и бактерии, из воздуха в больницах и других медицинских учреждениях. [15].[7].

Фильтры для стерилизации: НИ используются в фильтрах для стерилизации, которые удаляют микроорганизмы из жидкостей и газов, используемых в медицинских процедурах. [31].

Фильтры для очистки воды: НИ поддерживают фильтрующий материал в фильтрах для очистки воды, которые удаляют загрязняющие вещества из воды, используемой в медицинских учреждениях для питья, мытья и других целей. [13].

В целом, НИ являются важным компонентом фильтровального оборудования в медицинской промышленности, обеспечивая эффективность и надежность систем фильтрации, которые защищают пациентов и медицинский персонал от вредных загрязняющих веществ.

1.1.7. Значение НИ в медицинской технике и Практические прикладные примеры

НИ играют важную роль в медицинской технике, так как могут быть использованы для создания различных медицинских устройств и компонентов. Например, они применяются для намотки проводов, тороидальных обмоток для датчиков, композитных конструкций и других электрических элементов, используемых в медицинской технике. [8].[43].

Вот несколько практических примеров значения НИ в медицине:

1. Протезы.

НИ используются для создания протезов, предназначенных для замещения отсутствующих конечностей или других частей тела. [22].[26].

2. Фильтрация в медицинских устройствах.

Намоточные материалы применяются в фильтрационных системах медицинских устройств для очистки жидкостей и газов, обеспечивая высокий уровень стерильности. [30].[13].

Эти примеры демонстрируют, что НИ имеют значительное значение в медицине, поскольку они являются неотъемлемой частью процессов лечения, защиты и обеспечения безопасности пациентов.

Таким образом, НИ имеют стратегическое значение для обеспечения надежной работы и безопасности медицинской техники и устройств, что делает их важными компонентами в производстве медицинских изделий.

1.2. Роль моделирования в разработке и оптимизации НИ

Моделирование играет важную роль в разработке и оптимизации НИ. Оно позволяет инженерам и дизайнерам создавать виртуальные прототипы НИ, чтобы анализировать их характеристики, поведение и взаимодействие с окружающей средой. [66].[25].

Путем моделирования можно оптимизировать геометрию и материалы НИ, предсказать их электрические, механические и тепловые свойства, и улучшить производственные процессы. Моделирование также позволяет проводить виртуальное тестирование для оценки прочности, долговечности и эффективности НИ, что помогает уменьшить количество физических прототипов, сократить время и затраты на исследования и разработку. [22].[19].[24].[25].

Моделирование играет критическую роль в разработке и оптимизации НИ, позволяя прогнозировать поведение материалов, улучшать эффективность процесса, снижать издержки и повышать качество конечной продукции. Применение моделирования в различных отраслях свидетельствует о его ключевом значении для создания высококачественной и экономически эффективной композитной. [22].[25].

1.3. Значение научных исследований в разработке моделей НИ

Научные исследования в контексте разработки моделей НИ имеют важное значение и предлагают ряд преимуществ для этой области. Исследования в этой области включают в себя аспекты проектирования и производства НИ, которые могут оказать существенное влияние на различные отрасли, такие как авиация, автомобилестроение, машиностроение и другие. Путем этого исследованиям происходит значительный вклад в улучшение понимания и оптимизации процесса намотки, применении новых материалов и технологий производства для создания более эффективных и НИ. [22].[5].[25].

Научные исследования играют решающую роль в разработке точных и надежных моделей НИ. Вот ключевые преимущества:

Понимание физики намотки: Исследования помогают глубже понять физические принципы, лежащие в основе процесса намотки, включая электромагнитные взаимодействия, механические напряжения и тепловые эффекты. [22].[14].

Разработка точных моделей: Исследования позволяют разработать математические модели, которые точно предсказывают поведение НИ при различных условиях эксплуатации. Эти модели учитывают различные факторы, такие как геометрия НИ, свойства материалов и рабочие параметры. [19].

Оптимизация конструкции: Модели, полученные в результате исследований, можно использовать для оптимизации конструкции НИ, чтобы улучшить их производительность, эффективность и надежность. Это может включать оптимизацию числа витков, формы катушки и используемых материалов. [22].[24].

Улучшение процесса производства: Исследования помогают выявить критические параметры процесса и улучшить методы производства НИ. Это может привести к снижению производственных дефектов, повышению эффективности и обеспечению согласованности продукции. [24].[25].

Инновации в новых материалах и технологиях: Научные исследования стимулируют разработку новых материалов и технологий для НИ. Это может привести к созданию более легких, эффективных и долговечных компонентов. [25].

Благодаря научным исследованиям разрабатываются новые материалы, технологии и методы анализа, что способствует улучшению долговечности, производительности и функциональности НИ. Полученные результаты являются основой для создания точных и эффективных моделей, что исключительно важно в разработке надежных и эффективных НИ. [22].[25].

Научные исследования обеспечивают разработку инновационных моделей НИ, которые отвечают современным требованиям к эффективности, компактности и надежности. Благодаря использованию современного высокотехнологичного оборудования и точной машиностроительной техники, ученые и инженеры уделяют особое внимание созданию продуктов с высоким уровнем качества и долговечности. [22].[25].

В целом, научные исследования являются основой для разработки надежных и оптимизированных моделей НИ, что имеет решающее значение для улучшения производительности и эффективности в различных отраслях, включая электронику, электротехнику и медицинское оборудование.

2. ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Разработка моделей НИ играет важную роль в современной промышленности. Тенденции и перспективы развития данной области связаны с постоянным стремлением к улучшению качества, увеличению производительности и снижению затрат на производство НИ. С развитием технологий, включая 3D-моделирование, использование новейших материалов и автоматизацию производственных процессов,

открываются новые возможности для создания инновационных моделей НИ, способных удовлетворить потребности разнообразных отраслей промышленности.[54] [25].

2.1. Новые подходы к моделированию намоточных изделий

2.1.1. Методы интеграции моделирования и экспериментальных исследований

Интеграция моделирования с экспериментальными исследованиями играет ключевую роль в разработке и оценке моделей НИ. В данном отчете представлены результаты интеграции моделирования с экспериментальными исследованиями для улучшения точности и достоверности моделей НИ.

Существует несколько методов интеграции моделирования с экспериментальными исследованиями, включая:

А) разработку и использование компьютерных симуляций для прогнозирования результатов экспериментов; В) проведение экспериментов на основе результатов моделирования для проверки и валидации моделей; С) использование моделей для анализа и интерпретации экспериментальных данных; D) внедрение экспериментальных данных в модели для повышения их точности и предсказательной способности. [23].

А). Разработка и использование компьютерных симуляций для прогнозирования результатов экспериментов.

Разработка и использование компьютерных симуляций для прогнозирования результатов экспериментов является мощным инструментом в научном и инженерном исследовании. В контексте моделирования намоточных изделий, компьютерные симуляции могут быть использованы для следующих целей:

1. Прогнозирование поведения системы: Компьютерные симуляции позволяют моделировать поведение НИ в различных условиях, таких как изменения в материалах, геометрии или процессах производства. Это позволяет исследователям предсказывать, как система будет вести себя без необходимости проведения физических экспериментов.

2. Оптимизация процессов: С помощью компьютерных симуляций можно оптимизировать процессы производства НИ, например, путем определения оптимальных параметров процесса для достижения желаемых характеристик продукта.

3. Исследование влияния параметров: Симуляции позволяют исследовать влияние различных параметров на свойства и характеристики намоточных изделий. Например, исследовать как изменение состава материала или конструкции влияет на механические или электрические свойства изделия.

4. Экономия времени и ресурсов: Компьютерные симуляции позволяют сократить время и затраты, связанные с проведением физических экспериментов. Вместо того, чтобы изготавливать и тестировать множество прототипов, исследователи могут использовать симуляции для быстрого оценивания различных вариантов.

5. Итеративное улучшение моделей: Результаты компьютерных симуляций могут быть использованы для улучшения математических моделей НИ. Путем сопоставления результатов симуляций с экспериментальными данными и корректировки моделей исследователи могут создавать более точные и достоверные модели.

Однако важно помнить, что компьютерные симуляции являются лишь моделью реальности и могут иметь ограничения в точности предсказания. Поэтому важно проводить верификацию и валидацию моделей на основе экспериментальных данных для обеспечения их достоверности и применимости.

В. Проведение экспериментов на основе результатов моделирования для проверки и валидации моделей.

После создания компьютерных симуляций проводятся физические эксперименты, чтобы сравнить результаты моделирования с реальными данными.

Это позволяет проверить точность моделей и убедиться, что они адекватно отражают поведение реальных НИ.

С. Использование моделей для анализа и интерпретации экспериментальных данных.

После сопоставления результатов моделирования и экспериментов, модели могут быть использованы для анализа и интерпретации полученных данных.

Это помогает исследователям лучше понять причины определенных явлений или результатов, выявить влияние различных параметров и т.д.

D. Внедрение экспериментальных данных в модели для повышения их точности и предсказательной способности.

После проведения экспериментов данные могут быть использованы для дальнейшего улучшения моделей.

Это может включать в себя корректировку параметров модели или внесение других изменений с

Интеграция моделирования с экспериментальными исследованиями позволяет исследователям получить глубокое понимание поведения НИ и оптимизировать их производственные процессы с учетом различных параметров и ограничений. Этот подход также может существенно сократить время и затраты на разработку новых продуктов и повысить их качество и эффективность.

2.1.2. Интеграция с методами конечных элементов

Интеграция методов конечных элементов (Finite Element Method, FEM) в моделирование НИ может быть очень полезной, особенно когда речь идет о предсказании и анализе их механических свойств и поведения. Вот несколько преимуществ интеграции методов конечных элементов в моделирование НИ:

Улучшенное представление распределения напряжений и деформаций.

Интеграция методов конечных элементов позволяет более точно моделировать и анализировать распределение напряжений и деформаций в намоточных изделиях. Это способствует повышению точности оценки прочностных характеристик и позволяет предотвращать потенциальные проблемы, связанные с неоднородностью напряжений в материалах.[4].

Более достоверное моделирование намоточных структур.

Интеграция МКЭ обеспечивает возможность учета сложных геометрических форм намоточных структур, что значительно улучшает достоверность моделирования. Это особенно важно для изделий с нетривиальной геометрией, таких как катушки и трансформаторы.

Более точное учет физических свойств материалов.

Интеграция МКЭ позволяет более точно учитывать физические свойства материалов, используемых в намоточных изделиях. Это важно для получения более реалистичных результатов моделирования, что улучшает качество анализа и прогнозирования поведения изделий в условиях эксплуатации. [4].

Интеграция метода конечных элементов в моделирование НИ позволяет получать более точные и реалистичные результаты, что может быть важным в промышленности, где требуется высокая точность в прогнозировании и анализе поведения изделий.

2.1.3. Использование искусственного интеллекта (ИИ) для оптимизации процессов намотки

Искусственный интеллект (ИИ) играет важную роль в оптимизации процессов намотки. Использование ИИ позволяет создавать более точные и эффективные модели процессов намотки, анализировать большие объемы данных, оптимизировать параметры намотки для достижения оптимальных результатов и предсказывать возможные проблемы или дефекты на ранних этапах производства. Благодаря ИИ можно также автоматизировать некоторые аспекты процесса намотки, что способствует повышению производительности и сокращению времени изготовления изделий.

Таким образом, использование искусственного интеллекта в процессах намотки приводит к улучшению качества продукции и оптимизации производственных процессов.[27].

2.2. Перспективные направления исследований в области моделирования намоточных изделий

Эти перспективные направления исследований в области моделирования намоточных изделий представляют собой значимый вклад в развитие данной области. Давайте кратко рассмотрим каждое из направлений:

2.2.1. Разработка моделей для оптимизации процессов намотки

Это направление исследований направлено на создание моделей, способных оптимизировать процессы намотки изделий с целью улучшения их качества, повышения эффективности производства и снижения затрат. Такие модели могут помочь оптимизировать параметры намотки, выбирать оптимальные материалы и конструкции, а также учитывать различные технологические ограничения и требования к конечному изделию.

2.2.2. Разработка многомасштабных моделей намоточных изделий (НИ)

Это направление исследований направлено на создание моделей, способных учитывать различные масштабы структуры НИ. Это позволяет улучшить точность и реалистичность моделирования, а также предоставляет возможность более детального анализа процессов, происходящих на различных уровнях структуры изделий.

2.2.3. Моделирование НИ в условиях эксплуатации

Это направление исследований фокусируется на создании моделей, способных учитывать воздействие различных условий эксплуатации на НИ. Такие модели могут помочь в прогнозировании поведения изделий в различных средах, учитывая факторы, такие как температура, влажность, механические нагрузки и т.д.

Эти направления исследований имеют большое значение для развития современной науки и техники в области НИ, и их реализация может привести к созданию более эффективных и надежных продуктов и процессов производства

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ НАМОТОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ (НИ)

НИ играют важную роль в различных отраслях, включая электротехнику, электронику, авиацию,

проектирования, производства и испытаний изделий в текстильной, аэрокосмической, автомобильной и электромагнитной промышленности. Понимание и применение моделей

НИ имеет ключевое значение для обеспечения надежности, производительности и эффективности различных технических систем. В данном контексте, изучение и практическое применение моделей НИ представляет собой важный аспект для специалистов в области электротехники, электроники и других смежных областей. Данная работа направлена на рассмотрение практических применений моделей НИ и их влияния на современные технические решения.[22].[12].

3.1. Использование моделей для проектирования и производства намоточных изделий (НИ)

Модели намотки используются для проектирования изделий из полимерных композиционных материалов путем автоматизированной укладки волокнистого материала на оправку. Данные модели базируются на методе намотки композитных материалов на вращающуюся оправку, с помощью автоматического оборудования и компьютерных программ. [12].

В производстве для намотки различных материалов, таких как провода, нити и кабели, используются модели намотки, включающие шпули, бобины и катушки. Эти модели обеспечивают повышенную производительность и эффективность процесса изготовления, позволяя наматывать различные материалы на шпули, бобины и катушки.

Модели НИ на текстильных машинах имеют значительное практическое применение в улучшении свойств тканей. Эти модели позволяют оптимизировать процессы намотки пряжи на барабаны и катушки, что влияет на равномерность натяжения и плотность намотки. Контролируя параметры намоточных моделей, такие как скорость намотки, диаметр барабана и намоточного элемента, инженеры могут достичь высокой точности и качества производства тканей. Это способствует улучшению физических характеристик тканей, включая прочность, эластичность и внешний вид, что важно для текстильной промышленности. Модели НИ также позволяют предсказывать и контролировать поведение материалов во время намотки, уменьшая возможные дефекты и улучшая общее качество продукции. [22].

3.2. Контроль качества намоточных изделий (НИ)

Модели НИ — это стандартизированные образцы, которые используются для сравнения и оценки качества НИ. Они играют важную роль в контроле качества, обеспечивая надежную и последовательную основу для оценки.

Преимущества использования моделей намоточных изделий:

Стандартизация: Модели обеспечивают эталон для сравнения, устраняя субъективность и гарантируя единообразное применение критериев оценки.

Повышенная точность: Модели изготавливаются с высокой точностью, что позволяет проводить высокоточные измерения и выявлять даже незначительные отклонения от спецификаций.

Заключение:

Модели НИ являются важным инструментом для контроля качества, обеспечивая стандартизированный и точный способ оценки качества НИ. Их использование повышает точность, эффективность и надежность процесса контроля качества, что приводит к улучшению качества конечной продукции.

3.3. Оценка надежности и долговечности намоточных изделий (НИ)

Модели НИ являются важными инструментами для оценки надежности и долговечности этих изделий. Они позволяют инженерам и исследователям моделировать поведение НИ в различных условиях эксплуатации, прогнозировать их срок службы и выявлять потенциальные точки отказа.

Путем оценки параметров, связанных с процессом намотки, включая натяжение, узор намотки, свойства материалов и геометрические характеристики намотанного изделия, модели помогают оптимизировать производственный процесс и обеспечивают высокое качество НИ. Оценка надежности и долговечности осуществляется путем анализа этих параметров с использованием математических моделей, что позволяет предотвращать возможные проблемы и повышать уровень надежности продукции.

3.3.1. Оценка надежности

Анализ отказов: Модели могут использоваться для анализа различных режимов отказов НИ, таких как перегрев, механические повреждения и электрические сбои. Это помогает определить наиболее вероятные причины отказов и разработать стратегии смягчения рисков.

Прогнозирование надежности: Модели могут использоваться для прогнозирования надежности НИ в течение заданного периода эксплуатации. Это помогает инженерам принимать обоснованные решения о сроках обслуживания и замены.

Оптимизация конструкции: Модели могут использоваться для оптимизации конструкции НИ с целью повышения их надежности. Они позволяют инженерам изучать влияние различных параметров конструкции, таких как геометрия, материалы и методы намотки, на надежность изделия.

Прогнозирование срока службы: Модели могут использоваться для прогнозирования срока службы НИ на основе различных факторов, таких как рабочая температура, механические нагрузки и воздействие окружающей среды. Это помогает инженерам планировать профилактическое обслуживание и замену.

Анализ старения: Модели могут использоваться для анализа процессов старения в намоточных изделиях. Это помогает инженерам понять, как эти процессы влияют на срок службы изделия, и разработать стратегии по их замедлению.

Оптимизация материалов и процессов: Модели могут использоваться для оптимизации материалов и процессов, используемых при производстве НИ, с целью повышения их долговечности. Они позволяют инженерам изучать влияние различных факторов, таких как тип изоляции, методы пропитки и условия эксплуатации, на срок службы изделия.

3.3.3. Другие практические применения

Помимо оценки надежности и долговечности, модели НИ также могут использоваться для:

Разработки новых продуктов: Модели могут использоваться для разработки новых конструкций НИ с улучшенными характеристиками.

Оптимизации производственных процессов: Модели могут использоваться для оптимизации производственных процессов с целью повышения эффективности и снижения затрат.

Диагностики отказов: Модели могут использоваться для диагностики отказов в намоточных изделиях и определения их первопричин.

В целом, модели НИ являются мощными инструментами, которые помогают инженерам и исследователям улучшать надежность и долговечность намоточных изделий. Они позволяют прогнозировать поведение изделий, выявлять потенциальные проблемы и оптимизировать конструкцию и процессы производства.

4. ВЫВОДЫ

4.1. Значимость разработок в области моделей НИ для современной промышленности

Модели НИ играют ключевую роль в ряде важных отраслей промышленности, включая авиацию, военную технику, автомобилестроение, энергетику и другие.

Развитие технологий намотки позволяет создавать продукцию с улучшенными техническими характеристиками, такими как высокая прочность, низкая теплопроводность и длительный срок эксплуатации.

Новые методы намотки, такие как продольно-поперечная намотка для изготовления полых композитных стержней, дают возможность производить инновационные изделия.

Разработка специализированного оборудования для намотки, включая станки с числовым программным управлением, позволяет автоматизировать и оптимизировать производственные процессы, повышая их качество и эффективность.

Важной тенденцией является стремление к энергоэффективности и эргономичности оборудования для намотки, что способствует сокращению издержек производства.

Компания "Мир намоточных станков" является лидером в этой области, разрабатывая широкий спектр оборудования и предлагая комплексные решения для заказчиков на протяжении более 25 лет.

В целом, непрерывное развитие технологий и оборудования для намотки имеет ключевое значение для удовлетворения растущих потребностей современной промышленности в высококачественной и инновационной продукции.

4.2. Выводы о значимости разработки моделей НИ для различных областей применения

Повышение точности и повторяемости процессов.

Разработка моделей НИ играет ключевую роль в улучшении точности и повторяемости процессов намотки. Прогресс в 3D-моделировании и автоматизированном контроле помогает минимизировать человеческий фактор, что ведет к повышению качества продукции в различных отраслях, включая атомную, нефтегазовую и военную промышленности.

Использование новых материалов.

Разработка моделей НИ также способствует использованию новых материалов, что открывает новые горизонты для производства изделий с улучшенными свойствами. Новые композиционные материалы, созданные на основе продвинутых моделей, позволяют расширить возможности различных отраслей и повысить их конкурентоспособность.

Применение в специализированных отраслях.

Модели НИ находят применение в специализированных отраслях, таких как атомная, нефтегазовая и военная промышленности. Специализированные намоточные машины, разработанные на основе этих моделей, обеспечивают эффективное решение уникальных задач каждой отрасли, что способствует развитию инноваций и улучшению производственных процессов.

Решение технологических вызовов.

Разработка моделей намоточных изделий позволяет преодолевать существующие технологические барьеры и решать сложные задачи, связанные с намоткой материалов. Усовершенствование существующего оборудования и создание специализированных моделей способствует оптимизации производственных процессов и повышению эффективности применения в различных областях промышленности.

Таким образом, разработка моделей намоточных изделий играет критическую роль в современной промышленности, обеспечивая улучшение качества продукции, повышение эффективности производственных процессов и способствуя инновациям в различных отраслях. Эти модели не только повышают точность и повторяемость процессов намотки, но и открывают новые перспективы для развития промышленных технологий в целом.

4.3. Перспективы дальнейших исследований в области разработки моделей намоточных изделий (НИ)

Разработка намоточных устройств и техник продолжает быть важной областью в производственных технологиях, особенно в контексте автоматизации и улучшения качества продукции. Современные исследования в этой области касаются как совершенствования самих машин, так и методов, используемых при намотке различных материалов.

Моделирование и автоматизация.

Одним из наиболее значимых направлений является развитие 3D моделирования и автоматизированного контроля процессов намотки. Это позволяет повысить точность и повторяемость процессов, минимизируя человеческий фактор и повышая качество конечного продукта. Использование компьютерного моделирования для создания и корректировки управляющих программ особенно эффективно при изготовлении сложных композитных конструкций.

Новые материалы и методы.

Исследования также сосредоточены на создании новых материалов, которые могут быть использованы в процессе намотки. Разработка новых композиционных материалов, основанных на улучшенных моделях, открывает новые возможности для производства изделий с улучшенными свойствами.

Эти перспективы показывают глубину и многообразие возможностей для разработки и совершенствования намоточных технологий. Каждое из этих направлений помогает преодолеть существующие технологические барьеры и открывает новые возможности для промышленности.

Список использованной литературы

- [1]. **Андреева Ю.Н.** Композиционные материалы в аэрокосмической отрасли // Сибирский федеральный университет. — Красноярск, 2010. — С. 290-291. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» : сайт. — URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_24374987_65737435.pdf (дата обращения: 04.05.2024).
- [2]. **Еремин А.** Новейшие решения по намотке катушек от компании F.U.R. // Технологии в электронной промышленности. — 2020. — № 6. — С. 28-31. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» : сайт. — URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1743619234&tld=ru&lang=ru&name=12210.pdf> (дата обращения: 04.05.2024).
- [3]. **Шварц А.Б.** Математическое и программное обеспечение геометрического моделирования процессов намотки изделий из композиционных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. — Новочеркасск, 2002. — 19 с. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека "eLIBRARY.RU": Сайт. — URL: <https://elibrary.ru/qdogfz> (дата обращения: 04.05.2024).
- [4]. **Магомедов А., Алёхин А.** APM FEM. Топологическая оптимизация. — 2020. [Электронный ресурс] // КОМПАС-3D: Сайт. — URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/apm-fem-topologicheskaya-optimizaciya/> (дата обращения: 03.05.2024).
- [5]. **Баранов Д.С., Титова Л.Н.** Исследование особенностей намотки сверхтонкого эмальпровода // Молодой учёный. — 2017. — № 17 (151). — С. 26-30. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека "eLIBRARY.RU": Сайт. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29072405> (дата обращения: 04.05.2024).
- [6]. **Баранов Д.С.** Электропривод намоточного станка с адаптивной системой управления: дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03. — 2022. — 141 с. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека "DisserCat": Сайт. — URL: <https://www.dissercat.com/content/elektroprivod-namotchnogo-stanka-s-adaptivnoi-sistemoi-upravleniya> (дата обращения: 04.05.2024).
- [7]. **Бордунов В.В., Ситников А.С., Ситников В.А., Дмитриев Б.С., Гладышев Г.Н., Белявин М.Л., Соболев И.А., Бордунов С.В., Васильева О.Л.** Бытовые системы очистки, увлажнения, обеспыливания и обеззараживания воздуха. — 2000. — С. 54-62. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека "КиберЛенинка": Сайт. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bytovye-sistemy-ochistki-uvlazhneniya-obespylivaniya-i-obezzarazhivaniya-vozduha/viewer> (дата обращения: 04.05.2024).

- URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-vysokotochnoy-toroidalnoy-namotki-tonkoy-provoloki/viewer> (дата обращения: 04.05.2024).
- [9]. **Битюков Ю.И., Денискин Ю.И.** Геометрическое моделирование многослойной намотки // Труды МАИ. — 2010. — № 37. — С. 7. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека "КиберЛенинка": Сайт. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geometricheskoe-modelirovanie-mnogosloynoy-namotki/viewer> (дата обращения: 04.05.2024).
- [10]. **Donetskiy K.I., Bystrikova D.V., Karavaev R.Y., Timoshkov P.N.** Полимерные композиционные материалы для создания элементов трансмиссий авиационной техники (обзор) // Научная электронная библиотека "КиберЛенинка". — 2020. — С. 1-12. [Электронный ресурс]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/polimernye-kompozitsionnye-materialy-dlya-sozdaniya-elementov-transmissiy-aviatsionnoy-tehniki-obzor/viewer> (дата обращения: 04.05.2024).
- [11]. **Евтодьева М.Г.** Аддитивное производство и дополненная реальность как новые производственные технологии в авиационной отрасли // МГИМО-Университет. — 2020. — С. 307-329. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека "КиберЛенинка": Сайт. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/additivnoe-proizvodstvo-i-dopolnennaya-realnost-kak-novye-proizvodstvennye-tehnologii-v-aviatsionnoy-otrasli/viewer> (дата обращения: 04.05.2024).
- [12]. **Устинова Е.С.** Моделирование намотки композитных конструкций // Научная электронная библиотека "КиберЛенинка". — 2018. — С. 7. [Электронный ресурс]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-namotki-kompozitnyh-konstruktsiy/viewer> (дата обращения: 04.05.2024).
- [13]. **Губейдуллин Х.Х., Шигапов И.И., Марьин Е.М.** Фильтр для очистки питьевой воды. — 2012. — С. 13. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека "eLIBRARY.RU": Сайт. — URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_38416826_18967263.pdf (дата обращения: 04.05.2024).
- [14]. **Гаврилов В.В., Блазнов А.Н., Савин В.Ф., Самойленко В.В., Старцев О.В.** Технология и свойства намоточных изделий из полимерных композитов. — 2010. — С. 185-193. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека "КиберЛенинка": Сайт. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-i-svoystva-namotchnykh-izdeliy-iz-polimernykh-kompozitov-1/viewer> (дата обращения: 04.05.2024).
- [15]. **Назаров Э.Б.** Воздухоочистительное устройство. — 2020. — С. 15. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека "eLIBRARY.RU": Сайт. — URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43906965_86296975.PDF (дата обращения: 04.05.2024).
- [16]. **Комков М.А., Тарасов В.А.** Технология намотки композитных конструкций ракет и средств поражения. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. — 432 с.
- [17]. **Курбанмырадов Г., Ханветтов И.** Электротехника: учебник. Москва: Наука, 2012. — 415 с.
- [18]. **Крог Д.А., Клоуд Д.** Аппарат для фильтрования технологических потоков текучих сред, гибридный фильтрующий элемент и способ его изготовления. — 2010. — 22 с. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU»: сайт. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_37702577_28809640.pdf (дата обращения: 04.05.2024).
- [19]. **Колесников В.А., Рокотов Н.В.** Анализ структуры прецизионной намотки с использованием компьютерного моделирования // Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. — 2020. — С. 636–639. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU»: сайт. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_42488096_29897286.pdf (дата обращения: 04.05.2024).
- [20]. **Лебедев Д.В.** Проектирование и разработка технологического процесса намотки сложнопрофильных конструкций типа воздухозаборника двигателя самолета. — Москва, 2005. — С. 1–32. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «DisserCat — электронная библиотека диссертаций»: сайт. — URL: <https://www.dissercat.com/content/proektirovanie-i-razrabotka-tehnologicheskogo-protsessa-namotki-slozhnoprofilnykh-konstruktsiy/read> (дата обращения: 04.05.2024).
- [21]. **Малков И.В.** Научные основы технологии формообразования намоткой углепластиковых элементов ферменных конструкций космических аппаратов : дис. ... д-ра техн. наук : 05.07.02. — 2001. — 451 с. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «DisserCat — электронная библиотека диссертаций»: сайт. — URL: <https://www.dissercat.com/content/nauchnye-osnovy-tehnologii-formoobrazovaniya-namotkoi-ugleplastikovykh-elementov-fermennyykh> (дата обращения: 04.05.2024).
- [22]. **Рокотов Н.В.** Теоретические основы разработки намоточных механизмов для получения изделий с заданными свойствами и структурами. — Санкт-Петербург, 2018. — 31 с. [Электронный ресурс] // Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна : сайт. — URL: https://sutd.ru/upload/iblock/Rokotov_avtoreferat.pdf (дата обращения: 04.05.2024).
- [23]. **Рокотов Н.В., Томилова О.В., Марковец А.В., Пономарь А.А.** Разработка 3D-модели намоточного изделия // Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. — 2022.

- С. 25–30. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» : сайт. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=jxuvovq> (дата обращения: 04.05.2024).
- [24]. **Рокотов Н.В., Колесников В.А.** Анализ структуры прецизионной намотки с использованием компьютерного моделирования // XXXI Международная инновационная конференция молодых ученых и студентов по проблемам машиноведения (МИКМУС-2019): сб. тр. конф. — 2020. — С. 636–639. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» : сайт. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_42488096_62809579.pdf (дата обращения: 04.05.2024).
- [25]. **Томилова О.В., Рокотов Н.В.** 3D модель намоточного изделия // Научная визуализация. — 2024. — № 4. [Электронный ресурс] // Научная визуализация : электрон. журн. откр. доступа / Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» : сайт. — URL: <https://sv-journal.org/2024-4/07/?lang=ru> (дата обращения: 04.05.2024).
- [26]. **Устинова Е.С.** Моделирование намотки композитных конструкций. — 2018. — С. 1–7. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» : сайт. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-namotki-kompozitnyh-konstruktsiy> (дата обращения: 04.05.2024).
- [27]. **Вергазова О.Б., Королёв Е.А.** Применение метода конечных элементов для решения технических задач. — 2021. — С. 76–81. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» : сайт. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metoda-konechnyh-elementov-dlya-resheniya-tehnicheskikh-zadach> (дата обращения: 03.05.2024).
- [28]. **Wang Y.A.** Research on flexible capacitive sensors for smart textiles // School of Materials Design and Engineering Beijing Institute of Fashion Technology. — 2022. — P. 12–38. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» : сайт. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=jxuvovq> (дата обращения: 04.05.2024).
- [29]. Технология намотки катушки [Coil winding technology] // Википедия : свободная энциклопедия. — Дата обновления: 01.05.2024. [Электронный ресурс]. — URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Coil_winding_technology (дата обращения: 04.05.2024).
- [30]. **Хори Р., Хата Й., Каваками Д.** Устройство для очистки крови на основе мембран в виде полых волокон. — 2018. — 55 с. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» : сайт. — URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37366253_31569955.PDF (дата обращения: 04.05.2024).
- [31]. **Ваганов А.Ю.** Устройство для очистки и дезинфекции воздуха и улучшения микроклимата помещения. — 2020. — 10 с. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» : сайт. — URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44441017_49378793.PDF (дата обращения: 04.05.2024).
- [32]. **Журавлева О.С., Хозина Е.Н., Зийдуллоев Н.Н.** Цифровые инструменты и интеллектуальные технологии в текстильной промышленности. — 2022. — С. 217–222. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU» : сайт. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49553686_70743081.pdf (дата обращения: 04.05.2024).

References

- [1]. **Andreeva Y.N.** Kompozitsionnye materialy v airokosmicheskoy otrasli [Composite materials in the aerospace industry]. (Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk). — 2010. — Pp. 290–291. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka “eLIBRARY.RU”: Website. — Available: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_24374987_65737435.pdf. (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [2]. **Anton Yeremin.** Noveyshie resheniya po namotke katushek ot kompanii F.U.R. [Latest solutions for winding coils from F.U.R. company]. Tekhnologii v elektronnoi promyshlennosti, No. 6. — 2020. — Pp. 28–31. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka “eLIBRARY.RU”: Website. Available: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1743619234&tld=ru&lang=ru&name=12210.pdf>. (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [3]. **Shvarts A.B.** Matematicheskoe i programmnoe obespechenie geometricheskogo modelirovaniya protsessov namotki izdeliy iz kompozitsionnykh materialov [Mathematical and software for geometric modeling of composite material winding processes]: autoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.13.18 / South-Russ. state tech. univ. — Novocherkassk, 2002. — 19 p. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "eLIBRARY.RU": Website. — Available: <https://elibrary.ru/qdogfz> (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)

- [4]. **Magomedov A., Alyokhin A.** APM FEM. Topologicheskaya optimizatsiya [APM FEM. Topological optimization]. — 2020. [Online] // KOMPAS-3D: Website. — Available: <https://kompas.ru/kompas-3d/application/machinery/apm-fem-topologicheskaya-optimizaciya/> (accessed: 03.05.2024). (in Rus.)
- [5]. **Baranov D.S., Titova L.N.** Issledovanie osobennostey namotki sverkh-tonkogo emal'provoda [Study of features of ultra-fine enameled wire winding] // Molodoy uchenyy. — 2017. — No. 17 (151). — Pp. 26-30. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "eLIBRARY.RU": Website. — Available: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29072405> (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [6]. **Baranov D.S.** Elektroprivod namotochnogo stanka s adaptivnoy sistemoy upravleniya [Electric drive of a winding machine with adaptive control system]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.09.03. — 2022. — 141 p. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "Dissercat": Website. — Available: <https://www.dissercat.com/content/elektroprivod-namotochnogo-stanka-s-adaptivnoi-sistemoi-upravleniya> (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [7]. **Bordunov V.V., Sitnikov A.S., Sitnikov V.A., Dmitriev B.S., Gladyshev G.N., Belyavin M.L., Sobolev I.A., Bordunov S.V., Vasilyeva O.L.** Bytovye sistemy ochistki, uvlazhneniya, obespylivaniya i obezzarazhivaniya vozdukh [Household systems for air purification, humidification, dust removal and disinfection]. — 2000. — Pp. 54-62. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "KiberLeninka": Website. — Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/bytovye-sistemy-ochistki-uvlazhneniya-obespylivaniya-i-obezzarazhivaniya-vozdukh/viewer> (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [8]. **Borodyonkova E.I., Pris N.M., Lodygin D.P.** Tekhnologiya vysokotochnoy toroidal'noy namotki tonkoy provoloki [Technology of high-precision toroidal winding of thin wire]. — 2000. — Pp. 54-62. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "KiberLeninka". — Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-vysokotochnoy-toroidalnoy-namotki-tonkoy-provoloki/viewer> (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [9]. **Bityukov Yu.I., Deniskin Yu.I.** Geometricheskoe modelirovanie mnogosloynnoy namotki [Geometric modeling of multilayer winding] // Trudy MAI [Proceedings of MAI]. — 2010. — No. 37. — P. 7. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "KiberLeninka": Website. — Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/geometricheskoe-modelirovanie-mnogosloynnoy-namotki/viewer> (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [10]. **Donetskiy K.I., Bystrikova D.V., Karavaev R.Y., Timoshkov P.N.** Polimernye kompozitsionnye materialy dlya sozdaniya elementov transmissiy aviatsionnoy tekhniki (obzor) [Polymer composite materials for aircraft transmission components (review)]. — 2020. — Pp. 1-12. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "KiberLeninka". — Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/polimernye-kompozitsionnye-materialy-dlya-sozdaniya-elementov-transmissiy-aviatsionnoy-tehniki-obzor/viewer> (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [11]. **Evtod'eva M.G.** Additivnoe proizvodstvo i dopolnennaya real'nost' kak novye proizvodstvennye tekhnologii v aviatsionnoy otrasli [Additive manufacturing and augmented reality as new production technologies in aviation industry] // MGIMO-University. — 2020. — Pp. 307-329. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "KiberLeninka": Website. — Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/additivnoe-proizvodstvo-i-dopolnennaya-realnost-kak-novye-proizvodstvennye-tehnologii-v-aviatsionnoy-otrasli/viewer> (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [12]. **Ustinova E.S.** Modelirovanie namotki kompozitnykh konstruktsiy [Modeling of composite structures winding] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "KiberLeninka". — 2018. — P. 7. [Online] // Scientific electronic library "CyberLeninka": Website. — Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-namotki-kompozitnykh-konstruktsiy/>

- [13]. **Gubeydullin Kh.Kh., Shigapov I.I., Maryin E.M.** Fil'tr dlya ochistki pit'evoy vody [Drinking water purification filter]. — 2012. — P. 13. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "eLIBRARY.RU": Website. — Available: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_38416826_18967263.pdf (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [14]. **Gavrilov V.V., Blaznov A.N., Savin V.F., Samoilenko V.V., Startsev O.V.** Tekhnologiya i svoystva namotochnykh izdeliy iz polimernykh kompozitov [Technology and properties of wound products from polymer composites]. — 2010. — Pp. 185-193. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "KiberLeninka": Website. — Available: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-i-svoystva-namotochnykh-izdeliy-iz-polimernykh-kompozitov-1/viewer> (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [15]. **Nazarov E.B.** Vozdukhoochistitel'noe ustroystvo [Air purification device]. — 2020. — P. 15. [Online] // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka "eLIBRARY.RU": Website. — Available: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_43906965_86296975.PDF (accessed: 04.05.2024). (in Rus.)
- [16]. **Komkov M.A., Tarasov V.A.** Tekhnologiya namotki kompozitnykh konstruktsiy raket i sredstv porazheniya [Winding technology for composite structures of missiles and weapons]. Moscow: BMSTU, 2015. — 432 p. (in Rus.)
- [17]. **Kurbanmyradov G., Khanvettov I.** Elektrotekhnika: uchebnik [Electrical engineering: textbook]. Moscow: Nauka, 2012. — 415 p. (in Rus.)
- [18]. **Krog D.A., Kloud D.** (2010). Apparat dlya fil'trovaniya tekhnologicheskikh potokov techuchikh sred, gibridnyy fil'truyushchiy element i sposob ego izgotovleniya [Apparatus for filtering process flows of fluids, hybrid filter element and method of its manufacture]. [Online] Scientific electronic library "eLIBRARY.RU". Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_37702577_28809640.pdf (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [19]. **Kolesnikov V.A., Rokotov N.V.** (2020). Analiz struktury pretsizionnoy namotki s ispol'zovaniyem komp'yuternogo modelirovaniya [Analysis of the structure of precision winding using computer modeling]. Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, pp. 636–639. [Online] Scientific electronic library "eLIBRARY.RU". Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_42488096_29897286.pdf (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [20]. **Lebedev D.V.** (2005). Proektirovanie i razrabotka tekhnologicheskogo protsessa namotki slozhnoprofil'nykh konstruktsiy tipa vozdukhobornika dvigatelya samoleta [Design and development of technological process for winding complex-profile structures of aircraft engine air intakes]. (pp. 1-32). [Online] Scientific electronic library "Dissercat — Electronic library of dissertations". Available at: <https://www.dissercat.com/content/proektirovanie-i-razrabotka-tekhnologicheskogo-protsessa-namotki-slozhnoprofilnykh-konstrukt/read> (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [21]. **Malkov I.V.** (2001). Nauchnye osnovy tekhnologii formoobrazovaniya namotkoy ugleplastikovykh elementov fermennykh konstruktsiy kosmicheskikh apparatov [Scientific foundations of the shaping technology by winding of carbon fiber elements for truss structures of spacecraft]. Doctoral dissertation, 05.07.02. (p. 451). [Online] Scientific electronic library "Dissercat — Electronic library of dissertations". Available at: <https://www.dissercat.com/content/nauchnye-osnovy-tekhnologii-formoobrazovaniya-namotkoi-ugleplastikovykh-elementov-fermennykh> (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [22]. **Rokotov N.V.** (2018). Teoreticheskie osnovy razrabotki namotochnykh mekhanizmov dlya nolucheniya izdeliy s zadannymi svoystvami i strukturami [Theoretical foundations for the

- Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. [Online] Available at: https://sutd.ru/upload/iblock/Rokotov_avtoreferat.pdf (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [23]. **Rokotov N.V., Tomilova O.V., Markovets A.V., Ponomar A.A.** (2022). *Razrabotka 3D-modeli namotochnogo izdeliya* [Development of a 3D model of a wound product]. Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, pp. 25-30. [Online] Scientific electronic library "eLIBRARY.RU". Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=jxuvoq> (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [24]. **Rokotov, N. V., & Kolesnikov, V. A.** (2020). Analiz struktury pretsizionnoy namotki s ispol'zovaniem komp'yuternogo modelirovaniya [Analysis of precision winding structure using computer modeling]. In *XXXI International Innovative Conference of Young Scientists and Students on Mechanical Engineering Problems (MICMUS-2019): Conference Proceedings* (pp. 636-639). [Online] Scientific electronic library "eLIBRARY.RU". Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_42488096_62809579.pdf (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [25]. **Tomilova, O. V., & Rokotov, N. V.** (2024). 3D model' namotochnogo izdeliya [3D model of wound product]. Scientific Visualization, 4. [Online] Open access e-journal / National Research Nuclear University "MEPhI". Available at: <https://sv-journal.org/2024-4/07/?lang=ru> (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [26]. **Ustinova, E. S.** (2018). Modelirovanie namotki kompozitnykh konstruksiy [Modeling of composite structures winding]. (pp. 1-7). [Online] Scientific electronic library "CyberLeninka". Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-namotki-kompozitnyh-konstruksiy> (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [27]. **Vergazova, O. B., Korolev, E. A.** (2021). Primenenie metoda konechnykh elementov dlya resheniya tekhnicheskikh zadach [Application of the finite element method for solving technical problems]. (pp. 76-81). [Online] Scientific electronic library "CyberLeninka". Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metoda-konechnyh-elementov-dlya-resheniya-tehnicheskikh-zadach> (accessed: 03.05.2024). (in Russ.)
- [28]. **Wang, Y. A.** (2022). Research on flexible capacitive sensors for smart textiles. School of Materials Design and Engineering, Beijing Institute of Fashion Technology. (pp. 12-38). [Online] Scientific electronic library "eLIBRARY.RU". Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=jxuvoq> (accessed: 04.05.2024).
- [29]. Wikipedia contributors. (n.d.). Coil winding technology. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved May 4, 2024, from https://en.wikipedia.org/wiki/Coil_winding_technology.
- [30]. **Hori, R., Hata, Y., Kawakami, D.** (2018). Ustroystvo dlya ochistki krovi na osnove membran v vide polykh volokon [Blood purification device based on hollow fiber membranes]. (p. 55). [Online] Scientific electronic library "eLIBRARY.RU". Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_37366253_31569955.PDF (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [31]. **Vaganov, A. Yu.** (2020). Ustroystvo dlya ochistki i dezinfektsii vozdukha i uluchsheniya mikroklimata pomeshcheniya [Device for air purification and disinfection and improvement of indoor microclimate]. (p. 10). [Online] Scientific electronic library "eLIBRARY.RU". Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44441017_49378793.PDF (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)
- [32]. **Zhuravleva, O. S., Khozina, E. N., Ziyodulloev, N. N.** (2022). Tsifrovye instrumenty i intellektual'nye tekhnologii v tekstil'noy promyshlennosti [Digital tools and intelligent technologies in textile industry]. (pp. 217-222). [Online] Scientific electronic library "eLIBRARY.RU". Available

at: https://elibrary.ru/download/elibrary_49553686_70743081.pdf (accessed: 04.05.2024). (in Russ.)

Научный руководитель:

д.т.н., профессор кафедры машиноведения, заведующий кафедрой основ конструирования машин

Рокотов Н.В.

Dr. Sci. (Eng.), Professor of Mechanical Engineering, Head of Machine Design Fundamentals Department.

Rokotov N.V.

УДК 004.8

М.И. Муравьев

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

КЛАССИФИКАЦИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ОКРАСА СООБЩЕНИЯ ПО ЗВУКОВОЙ РЕЧИ: МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

© М.И. Муравьев 2026

Статья представляет собой систематический обзор современного состояния исследований в области распознавания эмоций по звуковой речи. Рассматриваются психоакустические основы эмоциональной окраски голоса, ключевые акустические признаки, используемые для классификации. Анализируются наиболее распространённые датасеты эмоциональной речи, этапы предобработки аудиоданных и методы извлечения признаков. Особое внимание уделяется сравнительному анализу подходов машинного и глубокого обучения — от традиционных классификаторов до архитектур на основе свёрточных и рекуррентных нейронных сетей, а также трансформерных моделей. Обсуждаются практические приложения технологии в колл-центрах, голосовых ассистентах, здравоохранении и других сферах, а также основные вызовы и направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: распознавание эмоций по речи, классификация эмоций, акустические признаки, глубокое обучение, свёрточные нейронные сети, трансформеры, аффективные вычисления, речевые датасеты.

M.I. Muraviev

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
18 Bolshaya Morskaya Street, Saint Petersburg, 191186

CLASSIFICATION OF THE EMOTIONAL COLOR OF A MESSAGE BY SOUND SPEECH: METHODS, MODELS AND PERSPECTIVES

The article is a systematic review of the current state of research in the field of emotion recognition by sound speech. The psychoacoustic foundations of the emotional coloring of the voice, the key acoustic features used for classification are considered. The most common datasets of emotional speech, the stages of audio data preprocessing, and feature extraction methods are analyzed. Special attention is paid to the comparative analysis of machine learning and deep learning approaches, from traditional classifiers to architectures based on convolutional and recurrent neural networks, as well as transformative models. Practical applications of the technology in call centers, voice assistants, healthcare and other fields are discussed, as well as the main challenges and directions for further research.

Keywords: emotion recognition by speech, emotion classification, acoustic features, deep learning, convolutional neural networks, transformers, affective computing, speech datasets.

Способность человека распознавать эмоциональное состояние собеседника по голосу является фундаментальной составляющей успешной коммуникации. Речь передаёт не только смысловое содержание, но и богатую палитру паралингвистической информации – интонацию, тембр, темп, громкость, которые несут в себе сведения об эмоциональном фоне говорящего. По мере развития человеко-машинного взаимодействия и повсеместного внедрения голосовых интерфейсов задача автоматического распознавания эмоций по речи (Speech Emotion Recognition, SER) приобретает всё большую актуальность. Как отмечается в систематическом обзоре, опубликованном в журнале *Speech Communication* [2], эта область стала ключевым направлением в рамках передовых систем взаимодействия человека и компьютера и находит широкое применение в реальных приложениях.

Сложность задачи SER обусловлена многомерностью самого понятия эмоции. Классификация речевых высказываний обычно осуществляется на основе шести базовых (архетипических) эмоций: гнев, страх, удивление, радость, отвращение и грусть. Такая модель, восходящая к работам Пола Экмана, служит основой для большинства современных исследований. В работе [3] показано, что негативные эмоции по голосу распознаются лучше, чем положительные, причём наиболее точно идентифицируются

гнев и грусть. Авторы также описывают акустико-просодические характеристики не только базовых эмоций, но и состояний с менее интенсивным характером — раздражение, уступчивость, безразличие.

Максимально эффективным инструментом для решения проблемы распознавания эмоций в последние годы оказалось глубокое обучение, что сделало эту область особенно привлекательной для исследователей [1]. Глубокие нейронные сети продемонстрировали более высокую точность по сравнению с традиционными методами машинного обучения [2]. Цель настоящей статьи — представить систематический обзор современного состояния исследований в области классификации эмоционального окраса сообщения по звуковой речи, охватывающий теоретические основы, методологию, практические приложения и перспективы развития.

В исследованиях SER традиционно используется дискретная модель эмоций, в рамках которой эмоциональные состояния рассматриваются как отдельные категории. Наиболее распространённой является шестикатегориальная модель, включающая гнев, страх, удивление, радость, отвращение и грусть. Такая классификация ложится в основу большинства размеченных датасетов эмоциональной речи, что обеспечивает сопоставимость результатов различных исследований.

Наряду с дискретной моделью в современных работах всё чаще применяется размерный подход, в рамках которого эмоции описываются в непрерывном пространстве. Основными измерениями выступают валентность (приятность—неприятность) и активация (возбуждение—спокойствие). Рассмотрение аудиокоррелятов именно этих измерений позволяет более тонко анализировать эмоциональные состояния и преодолевать ограничения дискретной категоризации [3].

Ключевой вопрос при построении SER-систем заключается в том, какие акустические характеристики речевого сигнала несут наибольшую информацию об эмоциональном состоянии говорящего. Традиционно выделяют три основных типа акустических признаков [2].

Просодические признаки включают частоту основного тона (F0) и её динамику, интенсивность (громкость) речи и темпо-ритмические характеристики. Анализ изменений частоты основного тона позволяет, например, дифференцировать эмоционально окрашенную речь от нейтральной и различать отдельные эмоциональные состояния.

Спектральные признаки описывают распределение энергии по частотному диапазону. Важнейшим инструментом спектрального анализа в SER являются мел-частотные кепстральные коэффициенты (Mel-Frequency Cepstral Coefficients, MFCC), которые моделируют восприятие звука человеческим слухом. Спектральные характеристики речи лежат в основе распознавания таких эмоций, как радость, печаль, гнев, страх и др.

Качественные признаки голоса связаны с тембром и индивидуальными особенностями голосового аппарата говорящего. Тембр речи, связанный со спектральными характеристиками, является одним из основных компонентов просодии. Просодический тембр отражает эмоциональные коннотации в речи, в то время как индивидуальный тембр ассоциируется с личными неизменными характеристиками голоса говорящего.

Качество SER-систем в значительной степени определяется доступностью и репрезентативностью размеченных датасетов. Среди наиболее широко используемых наборов данных можно выделить следующие [4]:

ЕМО-DB (Berlin Database of Emotional Speech) — немецкоязычный датасет, один из первых и наиболее цитируемых в области SER. RAVDESS (Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song) — мультимодальный датасет на английском языке, включающий как речь, так и пение, записанные с участием профессиональных актёров. IEMOCAP (Interactive Emotional Dyadic Motion Capture) — один из крупнейших датасетов, содержащий диалогические записи с многомодальной аннотацией (аудио, видео, текстовые расшифровки). CREMA-D (Crowd-Sourced Emotional Multimodal Actors Dataset) — краудсорсинговый датасет с широким спектром эмоциональных состояний. TESS (Toronto Emotional Speech Set) — датасет, записанный с участием двух дикторов женского пола.

Большинство датасетов содержат записи на английском языке, за исключением ЕМО-DB (немецкий) и Danish Emotional Speech Database (датский). Отмечается, что применение глубокого обучения позволило добиться значительного прогресса в распознавании эмоций по речи на этих датасетах. В одном из исследований с использованием свёрточных нейронных сетей наиболее точная модель для распознавания шести эмоций достигла точности 57,42% на комбинации четырёх датасетов — CREMA-D, RAVDESS, SAVEE и TESS.

Предобработка аудиосигнала является критически важным этапом, определяющим успешность последующей классификации. Типовой пайплайн включает нормализацию громкости, удаление шумов и сегментацию на фреймы. Особого внимания заслуживает аугментация данных — создание модифицированных версий исходных записей (изменение темпа, добавление шума, сдвиг по времени), позволяющее повысить устойчивость модели к вариативности речевого сигнала.

Извлечение признаков традиционно осуществляется с использованием специализированных инструментов. Наиболее известным является openSMILE (open-source Speech and Music Interpretation by

Large-space Extraction) — открытый инструментарий для аудиоанализа, специально ориентированный на задачи распознавания речи, идентификации диктора и распознавания эмоций.

Альтернативой ручному конструированию признаков является сквозное (end-to-end) обучение, при котором нейронная сеть обучается извлекать релевантные характеристики непосредственно из сырого аудиосигнала или спектрограммы. Такой подход продемонстрировал высокую эффективность и позволяет модели адаптироваться к специфике конкретной задачи без привлечения экспертных знаний о том, какие акустические признаки являются наиболее информативными.

На ранних этапах развития SER доминировали методы классического машинного обучения. К ним относятся метод опорных векторов (SVM), скрытые марковские модели (НММ), k-ближайших соседей (k-NN), линейные модели и деревья решений. Показано, что традиционные алгоритмы ограничены в учёте временных закономерностей, поскольку преобразуют трёхмерные спектрально-временные признаки в двумерные представления.

Тем не менее, в ряде работ эти методы сохраняют свою актуальность, особенно в условиях ограниченных вычислительных ресурсов или малых объёмов обучающих данных.

Современные SER-системы практически полностью основаны на архитектурах глубокого обучения. В работе Сапаковой и соавторов выделяются следующие ключевые подходы [1].

1. Свёрточные нейронные сети (CNN) эффективно извлекают локальные спектрально-временные паттерны из мел-спектрограмм. CNN могут обучаться непосредственно на визуальном представлении аудиосигнала, автоматически выявляя характерные признаки различных эмоциональных состояний.
2. Рекуррентные нейронные сети (RNN), в особенности долгая краткосрочная память (LSTM), предназначены для моделирования временных зависимостей в последовательных данных. Для анализа временных зависимостей и определения эмоций может применяться LSTM-сеть, что позволит эффективно классифицировать эмоции на основе аудиофайлов, учитывая контекст и динамику речи.
3. Гибридные архитектуры, объединяющие CNN и LSTM, сочетают преимущества обоих подходов: CNN отвечают за извлечение локальных спектральных признаков, тогда как LSTM обрабатывает временные зависимости. Комбинация CNN-RNN позволяет извлекать релевантные акустические признаки и достигать высокой точности в распознавании эмоций из речи [4].
4. Трансформерные модели представляют собой наиболее современный и быстро развивающийся класс архитектур. Задача распознавания эмоций по речи так же может рассматривать использование трансформерных моделей, например HuBERT и Wav2Vec 2.0, которые автоматически извлекают важные характеристики речи. Такой подход позволяет получить лучшие результаты по сравнению с традиционными методами, такими как SVM и НММ.

Особого внимания заслуживает подход, основанный на самообучении (self-supervised learning, SSL). Большинство современных методов классификации базируются на машинном обучении и модели трансформера с использованием подхода самообучения — в частности, таких моделях, как Wav2Vec 2.0.

Российские учёные из лаборатории искусственного интеллекта Сбербанка, Института AIRI и МФТИ разработали модель CA-SER, построенную на базе парадигмы самообучения. Система сначала детектирует важные характеристики речи, а затем добавляет к ним данные о звуках голоса — громкость и тональность — с учётом того, какую часть аудиоспектра лучше всего воспринимает человек. Эти два типа информации объединяются с помощью специального механизма, что позволяет точнее определять эмоции говорящего. Тесты на датасете IEMOCAP показали, что разработка российских учёных значительно превзошла почти все другие системы ИИ и оказалась сопоставима с более сложной устройством нейросетью-трансформером HuBERT.

Технология распознавания эмоций по речи находит всё более широкое практическое применение в различных сферах:

- Колл-центры и клиентский сервис остаются одним из основных драйверов развития SER. Системы речевой аналитики на основе ИИ позволяют автоматически обрабатывать 100% клиентских взаимодействий, выявлять недовольных клиентов, оценивать работу операторов и находить проблемные диалоги. Технология позволяет автоматически определять эмоциональное состояние звонящего и в реальном времени адаптировать сценарии обслуживания — оперативнее переключать на оператора-человека, менять тон общения или предлагать дополнительные опции поддержки. Отмечается, что нейросети могут воспроизводить пять ключевых эмоций, наиболее необходимых в колл-центрах: спокойствие, радость, злость, грусть и удивление.
- Голосовые помощники и виртуальные ассистенты выигрывают от способности понимать эмоциональное состояние пользователя и соответствующим образом адаптировать своё

поведение. Как указывают разработчики, использование эмоций в синтезированной речи помогает сделать диалог с виртуальным ассистентом более естественным и логичным. Модель CA-SER, разработанная российскими учёными, может быть адаптирована для использования в голосовых помощниках и контакт-центрах на русском языке.

- Медицина и психическое здоровье представляют собой перспективное направление применения SER. Системы распознавания эмоций могут использоваться для мониторинга эмоционального здоровья пациентов, в теледиагностических приложениях и чат-ботах для психологической поддержки. Ассистивные роботы, оснащённые модулями распознавания эмоций, способны подстраивать тон речи и поведение для улучшения взаимодействия с пожилыми людьми и пациентами с особыми потребностями.
- Маркетинговые исследования также активно используют технологии SER для анализа настроений и эмоциональных реакций потребителей на рекламу и продукты.

Несмотря на впечатляющий прогресс, достигнутый в последние годы, задача классификации эмоций по звуковой речи остаётся далёкой от полного решения. Исследователи выделяют несколько ключевых вызовов:

Субъективность эмоций и вариативность проявления — одна из центральных проблем, поскольку одна и та же эмоция может проявляться по-разному в зависимости от индивидуальных особенностей говорящего, культурного контекста и ситуации общения.

Недостаток крупных размеченных датасетов, особенно для языков, отличных от английского. Отмечается, что в SER остро стоит проблема ограниченной доступности датасетов, охватывающих широкий спектр эмоциональных состояний в различных языковых семьях.

Шум и условия реальной эксплуатации серьёзно снижают точность SER-систем. Системы, показывающие высокие результаты на лабораторных датасетах с «чистыми» записями, часто демонстрируют значительное падение эффективности в условиях фонового шума, различных акустических помех и естественной спонтанной речи.

Различение близких эмоциональных паттернов остаётся сложной задачей даже для современных моделей. SER требует высокодискриминантного представления признаков для разделения схожих эмоциональных паттернов [2].

Этические аспекты и приватность данных вызывают всё большее беспокойство по мере распространения технологий распознавания эмоций. Обсуждаются такие проблемы, как этические риски, приватность данных и техническая надёжность систем, особенно в контексте их применения в коммерческой и государственной сферах.

В качестве перспективных направлений дальнейших исследований можно выделить развитие мультимодальных подходов, объединяющих анализ голоса, мимики и контекстных данных для более точной оценки эмоционального состояния; создание более крупных и разнообразных датасетов, включающих спонтанную, а не только актёрскую речь, на различных языках; разработку лёгких моделей, пригодных для работы на мобильных устройствах и встраиваемых системах; дальнейшее совершенствование методов обучения с переносом и самообучения для преодоления дефицита размеченных данных.

В статье представлен систематический обзор современного состояния исследований в области классификации эмоционального окраса сообщения по звуковой речи. Показано, что задача SER, имеющая фундаментальное значение для развития аффективных вычислений и человеко-машинного взаимодействия, прошла путь от традиционных методов машинного обучения, основанных на ручном конструировании акустических признаков, до современных архитектур глубокого обучения, способных автоматически извлекать релевантные характеристики из сырого аудиосигнала.

Наиболее эффективными на сегодняшний день признаются гибридные модели, объединяющие свёрточные и рекуррентные нейронные сети, а также трансформерные архитектуры и подходы на основе самообучения. Российские исследователи вносят существенный вклад в развитие этой области, разрабатывая модели, сопоставимые с лучшими мировыми аналогами.

Практическое применение SER охватывает широкий спектр отраслей — от колл-центров и голосовых помощников до медицины и маркетинга, что подтверждает высокую востребованность технологии. Вместе с тем сохраняется ряд вызовов, включая субъективность эмоций, нехватку размеченных датасетов для разных языков, влияние шумов и этические аспекты применения. Дальнейшее развитие SER будет определяться прогрессом в области глубокого обучения, созданием более репрезентативных датасетов и решением проблем устойчивости к реальным условиям эксплуатации.

Научный руководитель: Доц., к.т.н. Штеренберг С.И.

Scientific supervisor: Associate Professor, Candidate of Technical Sciences

*Shterenberg Stanislav Igorevich***Список литературы**

1. Б.С. Сапакова, А.А. Сәрсембаев, & Bohdan Haidabrus. (2023). ОБЗОР МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ЭМОЦИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА АУДИОДАНЫХ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, 4(1), 95–104.
<https://doi.org/10.54309/IJICT.2023.13.1.009>
2. Speech emotion recognition approaches: A systematic review // ScienceDirect URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167639323001085> (дата обращения: 12.04.2026).
3. Рафикова Антонина Семеновна, Валуева Екатерина Александровна, Панфилова Анастасия Сергеевна ГОЛОС И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕЛОВЕКА: ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ // Психология. Журнал ВШЭ. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/golos-i-psiologicheskie-svoystva-cheloveka-obzor-sovremennyh-issledovaniy> (дата обращения: 12.04.2026).
4. Deep learning techniques for speech emotion recognition: A review // ZENODO URL: <https://zenodo.org/records/8139722> (дата обращения: 12.04.2026).
5. Мубаракшина Раушания Тахировна, Яковенко Антон Александрович Обзор подходов к проблеме распознавания эмоций по параметрам устной речи // SAEC. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-podhodov-k-probleme-raspoznavaniya-emotsii-po-parametram-ustnoi-rechi> (дата обращения: 12.04.2026).
6. Вернер Ш., Петренко Г. К. Распознавание эмоций по речи: человек против компьютера // ДИСКУРС. 2019. Т. 5, № 5. С. 136–152. DOI: 10.32603/2412-8562-2019-5-5-136-152
7. Киселёв Виталий Владимирович ОБ АВТОМАТИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЭМОЦИЙ ПО РЕЧИ // Речевые технологии/Speech Technologies. 2010. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-avtomaticheskome-opredelenii-emotsiy-po-rechi> (дата обращения: 12.04.2026).

References

1. B.S. Sapakova, A.A. Sarsembaev, & Bohdan Haidabrus. (2023). OBZOR METODOV KLASSIFIKACII EMOCIJ NA OSNOVE ANALIZA AUDIODANNYH S POMOSHCH'YU GLUBOKOGO OBUCHENIYA. MEZHDUNARODNYJ ZHURNAL INFORMACIONNYH I KOMMUNIKACIONNYH TEKHNOLGIJ, 4(1), 95–104.
<https://doi.org/10.54309/IJICT.2023.13.1.009>
2. Speech emotion recognition approaches: A systematic review // ScienceDirect URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167639323001085> (data obrashcheniya: 12.04.2026).
3. Rafikova Antonina Semenovna, Valueva Ekaterina Aleksandrovna, Panfilova Anastasiya Sergeevna GOLOS I PSIHOLGICHESKIE SVOJSTVA CHELOVEKA: OBZOR SOVREMENNYH ISSLEDOVANIJ // Psihologiya. ZHurnal VSHE. 2022. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/golos-i-psiologicheskie-svoystva-cheloveka-obzor-sovremennyh-issledovaniy> (data obrashcheniya: 12.04.2026).
4. Deep learning techniques for speech emotion recognition: A review // ZENODO URL: <https://zenodo.org/records/8139722> (data obrashcheniya: 12.04.2026).
5. Mubarakshina Raushaniya Tahirovna, YAKovenko Anton Aleksandrovich Obzor podhodov k probleme raspoznavaniya emocij po parametram ustnoj rechi // SAEC. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-podhodov-k-probleme-raspoznavaniya-emotsii-po-parametram-ustnoi-rechi> (data obrashcheniya: 12.04.2026).
6. Verner SH., Petrenko G. K. Raspoznavanie emocij po rechi: chelovek protiv komp'yutera // DISKURS. 2019. T. 5, No 5. S. 136–152. DOI: 10.32603/2412-8562-2019-5-5-136-152
7. Kiselyov Vitalij Vladimirovich OB AVTOMATICHESKOM OPREDELENII EMOCIJ PO RECHI // Rechevye tekhnologii/Speech Technologies. 2010. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-avtomaticheskome-opredelenii-emotsiy-po-rechi> (data obrashcheniya: 12.04.2026).

УДК 685.34.012(017)

А.Д. Бродецкая, Ю.Е. Шепелева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

КЛАССИФИКАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ТРАНСФОРМИРУЮЩЕЙСЯ ОБУВИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

© А.Д. Бродецкая, Ю.Е. Шепелева, 2026

Статья рассматривает трансформирующуюся обувь как продукт влияние глобальных трендов, таких как осознанное потребление и индивидуализация. Предложена классификация по видам трансформации и типы механизмов для нее. Рассмотрены возможные перспективы использования обуви-трансформеров, как в качестве продукта для масштабирования и выхода на массовый рынок, так и в качестве инструмента научных исследований для изучения комфортности обуви.

Ключевые слова: трансформеры, обувь, практичность, комфорт, мода, каблук, подошва, гибкость, износ, модель, аддитивные технологии, осознанное потребление

A.D. Brodetskaya, Y.E. Shepeleva

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

CLASSIFICATION OF DESIGN SOLUTIONS FOR TRANSFORMABLE SHOES AND PROSPECTS FOR THEIR APPLICATION

The article examines transforming shoes as a product influenced by global trends such as conscious consumption and individualization. It proposes a classification based on the types of transformation and the mechanisms used. The article also discusses the potential applications of transforming shoes, both as a product for scaling and entering the mass market and as a research tool for studying the comfort of shoes.

Keywords: transforming shoes, practicality, comfort, fashion, heel, sole, flexibility, wear, model, additive technologies, conscious consumption

Тренд на осознанное потребление приводит к тому, что потребитель стремится к оптимизации процессов и всего что его окружает, часто за счет многофункциональности. Ярким примером может служить создание капсульного гардероба, где минимальный набор вещей в различных сочетаниях создает большой набор комбинаций. Со временем глобальные тренды формируются не только в поведенческих установках, но и отражаются в конкретных объектах.

Обувь, как объект или изделие, долгое время оставалась довольно консервативной, так как одна пара обуви жестко привязана к конкретному сезону или назначению. С формированием запроса на объекты, меняющие свои свойства в зависимости от ситуации, в последние годы наблюдается интерес к так называемой многофункциональной, «трансформирующейся обуви».

Целью работы было изучить, классифицировать и систематизировать виды трансформирующейся обуви, рассмотреть исторические предпосылки появления такой обуви и оценить перспективы использования для массового производства или научных исследований.

Обеспечение комфортности является важнейшей задачей проектирования и производства обуви. Неправильно сконструированная обувь или некачественные материалы могут привести к повышенной утомляемости ног, нарушению гигиенических свойств обуви, развитию дефектов стопы или даже получению травм при ходьбе.

В истории обуви можно проследить первые попытки трансформации обуви, ради изменения внешнего вида, сохранения самой обуви от погодных условий, или же для использования обуви в иных условиях. Европейские дамы 18 века использовали сменные пряжки и банты. В эпоху ар-деко, когда каблуки для женских туфель превратились в настоящее произведение декоративного искусства, смена каблука на паре туфель на короткое время превратилась в прихоть, а не в необходимость [1]. Если рассматривать традиционную обувь, то таким примером может служить обувь народов Средней Азии махси с кавуш. Махси — это кожаные сапоги (длинные или короткие), плотно прилегающие к ноге и не имеющие жесткой подошвы. Кавуш – это туфли с задником или без, которые носили поверх махси осень и зимой. Махси часто использовали как домашнюю обувь, снимая кавуш при входе в помещение. В XX веке по такому же принципу использовали резиновые галоши, надевая их как с кожаной обувью, так и с неподходящими для мокрой погоды валенками.

Толчок для инженерной мысли дали разработки ботинок для астронавтов лунного модуля Аполлона-11 в 1960-1970-х годах. Модульная обувь со сменной подошвой должна была обеспечивать безопасность и комфорт при передвижении по разным поверхностям Луны [2].

Элементы трансформации обуви так же встречались и в военной и спортивной обуви, например, съёмные шипы на бутсах.

Системный подход и концепция «трансформирующейся обуви» сформировались в конце XX — начале XXI века под влиянием нескольких глобальных трендов.

1. Устойчивое развитие

Трансформирующаяся обувь может помочь сократить количество пар в гардеробе. Например, сапоги со съёмными или укорачивающимися голенищами (рис. 1, а), или кроссовки со встроенными шлепками (рис. 1, б).



а



б

Рис. 1. Трансформирующаяся обувь: а – сапоги с молнией для увеличения длины голенища; б – кеды со встроенными шлепками

2. Урбанизация и мобильность

Многофункциональность вещей вызывает интерес, так как это может позволить быстро адаптироваться в условиях мегаполиса. Например, утро-день – деловой вид в офисе, вечер – более неформальный образ. Ярким примером являются концептуальные проекты с трансформирующимися каблуками. Идея заключается в изменении высоты каблука, путем либо смены каблука при помощи специальных механизмов быстрого съема и крепления, либо механизм изменения высоты каблука встроен в сам каблук (рис. 2).



а



б



в

Рис. 2. Система каблука с изменяющейся высотой бренда Pashio: а – вариант на низком каблуке; б – процесс смены каблука; в – вариант на высоком каблуке [3]

3. Технологизация и цифровизация

Большую роль играет внедрение новых технологий и материалов. Аддитивные технологии на современном этапе развития применяются не только для изготовления прототипов, но и для готовых изделий пригодных к использованию. Это увеличивает возможности, в том числе и для создания трансформирующейся обуви, позволяя создавать более надежные и удобные детали, составные части

и механизмы. Так, например, казахстанский предметный дизайнер Данияр Удербеков представил концепт модульной обуви *UDRB*, который сочетает в себе элементы традиционного костюма народов Центральной Азии и подошвой, напечатанной на 3D-принтере, которая крепится на стопе и верхнем ботинке шнуром (рис. 3). Своим проектом дизайнер поднимает вопрос одноразового потребления вещей, а также проблеме ремонтпригодности, переработки и снижении углеродного следа [4].



Рис. 3. Проект модульной обуви *UDRB*. Дизайнер Данияр Удербеков

4. Индивидуализация

Потребителя все чаще привлекает возможность кастомизации вещей под себя и свои нужды. Примером кастомизации верха обуви может служить бренд *Galibelle*. Система сменных ремешков позволяет быстро и легко полностью изменить внешний вид обуви (рис. 4, а). Примером кастомизации низа обуви может служить обувная система *Urshuz*, которая позволяет комбинировать верх и низ обуви благодаря специальным креплениям (рис. 4, б) [5].

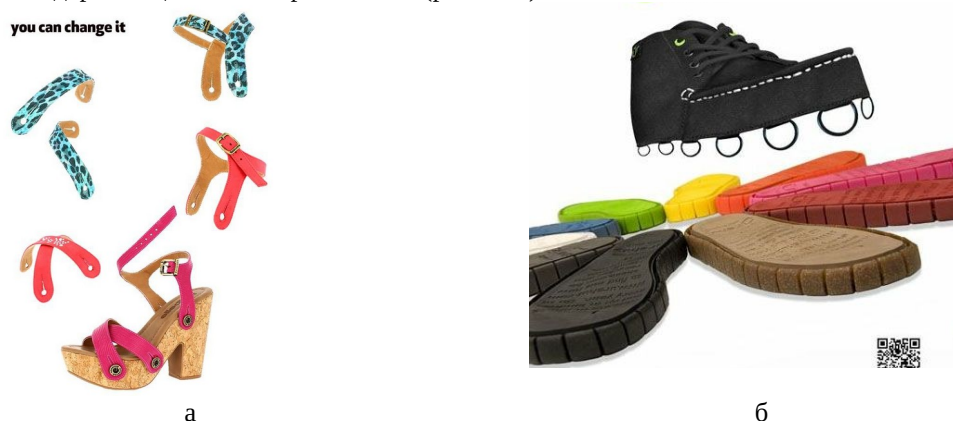


Рис. 4. Примеры кастомизации обуви при помощи замены ее элементов:
а – босоножки бренда *Galibelle* с системой замены ремешков; б – замена подошвы с обувной системой *Urshuz*

В ходе анализа существующих моделей и прототипов была разработана классификация трансформирующейся обуви.

По характеру изменения формы и ее частей можно представить следующую классификацию.

1. Изменение высоты каблука

Изменение высоты происходит за счет замены самого каблука при помощи специальных креплений на подошве или каблуке. Так же есть варианты складных механизмов, за счет которых каблук складываясь образуя низкую танкетку.

2. Трансформация верха

Верх обуви может трансформироваться несколькими способами:

- прикрепление/отсоединение частей, например, высокое голенище);
- добавление дополнительных функциональных деталей;
- дополнение дополнительных декоративных деталей;
- изменение формы верхней части обуви за счет дополнительной фурнитуры, шнуров или ремней.

3. Сменная подошва

В данном случае обувь представляется как конструктор, где можно комбинировать различные варианты верха и низа. Крепление подошвы к верху может осуществляться за счет шнуров, петель или различных механизмов.

4. *Функциональная трансформация* включает в себя решения для удобства хранения и транспортировки. Например, компания *Timberland* представила кеды *Radler* которые можно свернуть, за счет молнии по верхнему профилю подошвы, и спрятать в карман [6].

Так же можно классифицировать трансформирующуюся обувь по типу механизма (табл. 1).

Таблица. 1. Механизмы для трансформации обуви

Тип механизма	Пример реализации	Плюсы	Минусы для технолога
Магнитно-кнопочный	Крепление декоративных деталей на верх обуви; Крепление функциональных деталей, например увеличение высоты голенища сапог	Быстрота, бесшумность	Выход из строя магнитов и кнопок при. Потайные магниты сложно заменить.
Крепление застежкой-молнией	Крепление функциональных деталей, к примеру увеличение высоты голенища сапог; Использование для складных элементов (функциональная трансформация)	Интересный элемент дизайна; Фиксация частей по всей длине соединения (в отличие от крепления на кнопки)	Сложность ремонта случае поломки, дополнительный вес
Ремешково-пряжечный	Складные элементы верха обуви; Крепление декоративных элементов на верх обуви; Крепление съемной подошвы или частей подошвы; Крепление обуви на стопе	Простота использования; Интересный элемент дизайна;	Дополнительный вес и расходы на материалы; Возможно не плотное прилегание соединяемых частей
Крепление при помощи шнура	Крепление подошвы или частей подошвы к верху; Крепление обуви на стопе; Стягивание деталей верха	Надежность и распределение нагрузки; Интересный элемент дизайна;	Долгое переобувание
Петельный	Крепление подошвы или частей подошвы к верху; Крепление декоративных и функциональных деталей верха	Можно обеспечить плотное прилегание скрепляемых деталей	Долгое переобувание
При помощи защелок	Крепление каблука к обуви; Изменение высоты каблука	Механизм обычно находится внутри и не портит дизайн обуви	Сложная разработка, длительная апробация, высокие затраты на качественные материалы

Если рассматривать возможности использования трансформирующейся обуви, то можно выделить два направления: выход на массовый рынок и использование подобной обуви для научных исследований.

Для выхода трансформирующейся обуви на массовый рынок необходимо решить несколько задач:

1. *Надёжность и долговечность механизмов.* Сложные механизмы подвержены износу и могут быть ненадежными при больших нагрузках, которым подвергается обувь при эксплуатации.

2. *Безопасность и эргономика.* Что бы обеспечить безопасность при эксплуатации необходимо учитывать большое количество факторов, от правильного распределения веса при трансформации обуви до систем, предотвращающих самопроизвольное срабатывание механизмов.

3. *Сложность изготовления.* Трансформирующиеся обувь требует квалифицированных специалистов с навыками работы с аддитивными технологиями, а также со знаниями антропологии и биомеханики стопы. Помимо этого, требуются высокотехнологичные производственные линии.

4. *Зависимость от комплектующих.*

5. *Контроль качества.* При выпуске такой обуви на массовый рынок необходимо будет разработать и поддерживать единый стандарт качества. Так же потребителей может отпугнуть регулярное техническое обслуживание.

6. *Высокая себестоимость.* Использование высокотехнологичных материалов и сложных механизмов увеличивает себестоимость и ограничивает доступность для потребителя.

7. *Восприятие новизны.* Трансформируемая обувь может восприниматься как нишевый непрaktичный продукт, который не подходит для повседневной носки. Потребитель может быть скептически настроен к непривычным решениям.

8. *Сертификация и стандарты безопасности.* Трансформирующаяся обувь потребует разработки новых нормативно-технических документов и дополнительных сертификаций.

Обувь-трансформер можно использовать не только как конечный продукт для потребителя, но и как инструмент для научных исследований. Трансформирующаяся обувь может быть использована как для биомеханических исследований, так и для исследований применяемых материалов и конструкций. Можно представить некоторые параметры для исследований эргономических свойств обуви:

- исследования биомеханики стопы в динамике;
- распределение давления стопы при ходьбе;
- испытания на истираемость подошвы при использовании различных материалов;
- антропометрические и конструктивные параметры колодки;
- исследование различных материалов верха и подошвы;
- проверка полноты, ширины носочной части, высоты подъема;
- исследование высоты и формы каблучков и платформ;
- оценка комфортности;
- и др.

Трансформирующаяся обувь уже не является футуристической концепцией. В ходе изучения обуви-трансформеров можно сделать вывод, что данный тип изделий представляет собой перспективное направление, сочетающее в себе принципы мультифункциональности и осознанного потребления.

С одной стороны, трансформирующаяся обувь является не вполне конкурентноспособным продуктом для современного рынка, из-за высокой себестоимости, сложности изготовления и отсутствия стандартов. С другой стороны, такая обувь представляет собой уникальный инструмент для научных исследований и испытаний биомеханики и используемых материалов, а также для совершенствований методик проектирования комфортной и безопасной обуви. Разработанная в ходе изучения классификация представляет собой базу для дальнейшего системного изучения этого класса обуви.

Список литературы

1. Арзамас. Обувь эпохи ар-деко // Arzamas: [сайт]. – URL: <https://arzamas.academy/micro/shoes/> (дата обращения: 07.04.2026).
2. Модульная обувь для космоса: как создавались ботинки для лунной экспедиции // Комсомольская правда: [сайт]. – URL: <https://www.kp.ru/daily/27425.5/4625630/> (дата обращения: 14.04.2026).
3. The Dorsay Coal Leather Block Heel Kit // Pashion Footwear: [сайт]. – URL: <https://pashionfootwear.com/products/the-dorsay-coal-leather-block-heel-kit-4-socket> (дата обращения: 10.04.2026).
4. Данияр Удербеков сочетает традиции и технологии в кроссовках UDRB // Design Mate: [сайт]. – URL: <https://design-mate.ru/read/news/daniyar-uderbekov-sochetaet-tradicii-i-tehnologii-v-krossovках-udrb> (дата обращения: 10.04.2026).
5. Urshuz Brax // Weartested: [сайт]. – 18.11.2011. – URL: <https://weartested.org/urshuz-brax/> (дата обращения: 10.04.2026).
6. Кеды Radler от Timberland, которые можно свернуть и спрятать в карман // Novate: [сайт]. – URL: <https://novate.ru/blogs/131211/1956/> (дата обращения: 14.04.2026).

References

1. Arzamas. Obuv` e`poxi ar-deko // Arzamas: [sajt]. – URL: <https://arzamas.academy/micro/shoes/13> (data obrashheniya: 07.04.2026).
2. Modul`naya obuv` dlya kosmosa: kak sozdavalis` botinki dlya lunnoj e`kspedicii // Komsomol`skaya pravda: [sajt]. – URL: <https://www.kp.ru/daily/27425.5/4625630/> (data obrashheniya: 14.04.2026).
3. The Dorsay Coal Leather Block Heel Kit // Pashion Footwear: [sajt]. – URL: <https://pashionfootwear.com/products/the-dorsay-coal-leather-block-heel-kit-4-coal> (data obrashheniya: 10.04.2026).
4. Daniyar Uderbekov sochetaet tradicii i texnologii v krossovkax UDRB // Design Mate: [sajt]. – URL: <https://design-mate.ru/read/news/daniyar-uderbekov-sochetaet-tradicii-i-tehnologii-v-krossovkah-udrb> (data obrashheniya: 10.04.2026).
5. Urshuz Brax // Weartested: [sajt]. – 18.11.2011. – URL: <https://weartested.org/urshuz-brax> (data obrashheniya: 10.04.2026).
6. Kedy` Radler ot Timberland, kotory`e mozjno svernut` i spryatat` v karman // Novate: [sajt]. – URL: <https://novate.ru/blogs/131211/19561/> (data obrashheniya: 14.04.2026).

УДК 685.34.073

А. Р. Стрункина, Ю.Е. ШепелеваСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**СКУЛЬПТУРНЫЕ КАБЛУКИ: АНАЛИЗ ФЕНОМЕНА И ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА.**

© А. Р. Стрункина, Ю.Е. Шепелева, 2026

В статье рассматривается феномен скульптурного каблука, который превращает обувь из просто утилитарного объекта в средство самовыражения и формирования имиджа. Приведена классификация каблуков в соответствии с отраслевым стандартом и рассмотрены методы проектирования и производства каблуков. Как результат исследования, представлена разработка концепции авторского скульптурного каблука – эскиз, макет из скульптурного пластилина, и дальнейший план работы над каблуком, до получения физической модели.

Ключевые слова: каблук, требования, производство, метод, 3d печать, апробация, деталь.

A. R. Strunkina, Y.E. Shepeleva

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
18 Bolshaya Morskaya Street, Saint Petersburg, 191186**SCULPTURAL HEELS: AN ANALYSIS OF THE PHENOMENON AND THE PRODUCTION PROCESS.**

The article examines the phenomenon of the sculptural heel, which transforms footwear from a mere utilitarian object into a means of self-expression and image creation. It provides a classification of heels based on industry standards and discusses the methods of heel design and production. As a result of the research, the article presents the development of a concept for an author's sculptural heel, including a sketch, a model made of sculptural clay, and a plan for further work on the heel until it reaches its physical form.

Keywords: heel, requirements, production, method, 3d printing, approbation, detail.

Современная обувь перестала быть только утилитарным предметом. В эпоху, когда культура ориентирована на визуальный контент и концептуальные образы, обувь может выступать как объект формирования имиджа, дизайнерского и технологического эксперимента. Важной частью таких экспериментов являются каблуки и подошвы.

Каблуки становятся не просто элементами обуви. Они могут быть полноценными архитектурными объектами, которые формируют визуальный образ бренда, становятся средством самовыражения и музейным экспонатом.

Однако за каждым необычным каблуком скрывается противоречие между художественной выразительностью, практичностью и технологическими требованиями. Каблук должен выдерживать вес тела, быть устойчивым и обеспечивать комфорт при ходьбе. Кроме того, возникает проблема тиражируемости: как превратить уникальный арт-объект в массовое изделие, сохранив при этом его художественную ценность.

В XXI веке необычные скульптурные каблуки становятся полем для самых смелых экспериментов и проникают как в высокое искусство, так и на улицы городов, становясь частью повседневной моды. Например, в 2006 г. Миучча Прада для бренда *Miu Miu* разрабатывает туфли на высоких каблуках, украшенные лепниной в стиле «барокко» (рис. 1, а). [1]. В 2017 г. Энтони Вакарелло создал туфли на каблуке, выполненном в форме логотипа *YSL* для бренда *Saint Laurent*, которые до сих пор остаются в числе модных фаворитов и стали настоящей классикой (рис. 1, б). Бренд *Irregular Choice* сделал своим фирменным знаком каблуки в виде персонажей мультфильмов (*character heels*), выпуская их серийно и по доступным ценам (рис. 1, в). На сегодняшний день трендом являются туфли с геометрическими фигурными каблуками бренда *Jacquetus* (рис. 1, г).

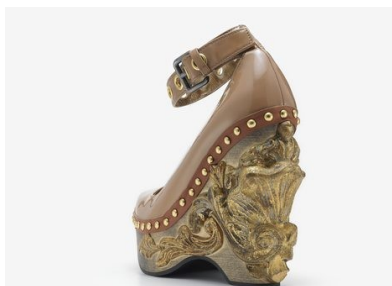
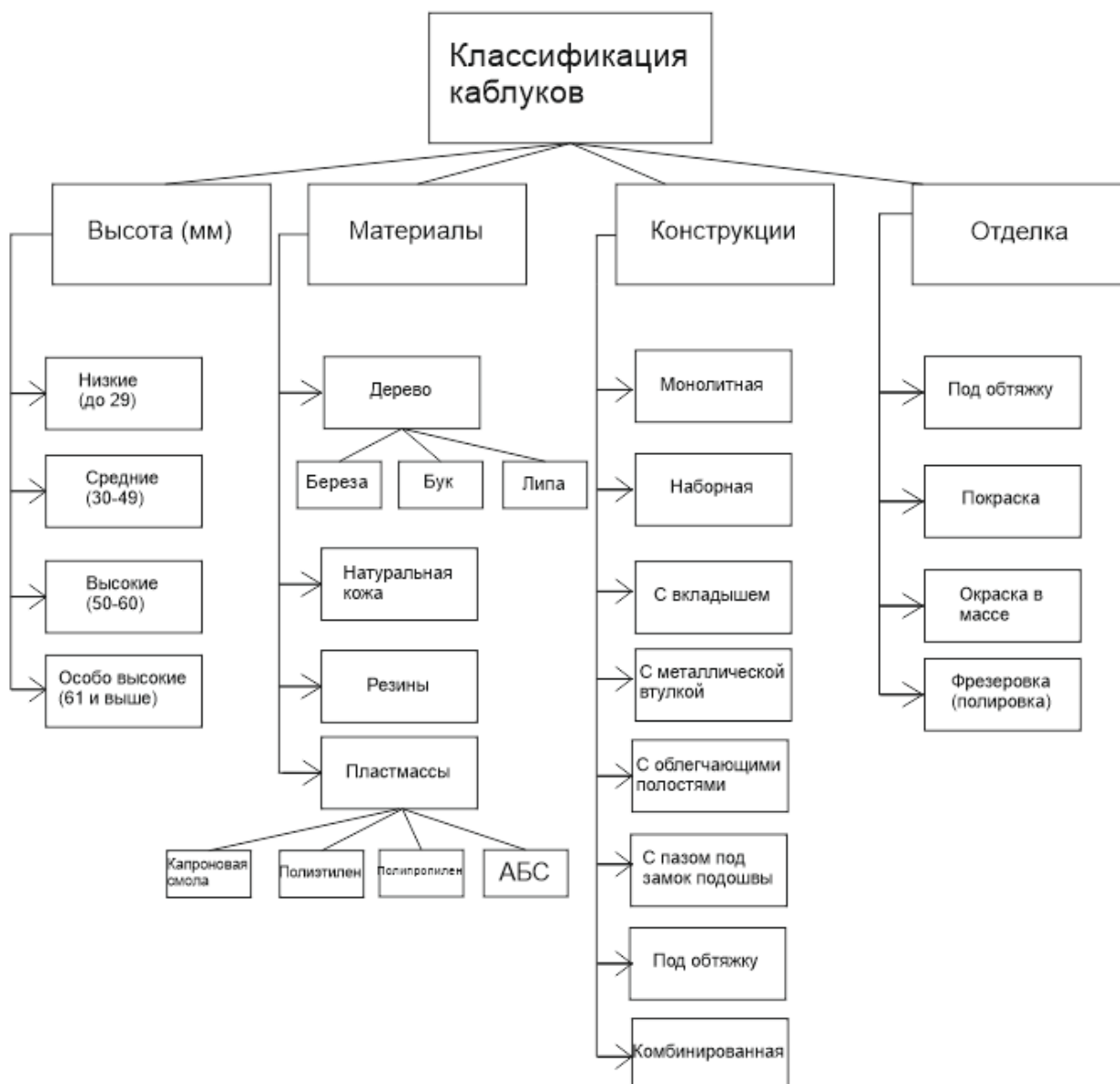




Рис. 1. Туфли со скульптурными каблуками:
 а – туфли *Miu Miu*, коллекция *Cammeo* в стиле барокко; б – туфли *Saint Laurent*; в – туфли *Irregular Choice* с покемоном Иви; г – туфли *Jacquetus*

Каблук, являясь ответственной деталью обуви и должен соответствовать определённым технологическим требованиям, которые зависят от особенностей конструкции и изготовления.

В соответствии с отраслевым стандартом ОСТ 1733187 «Каблуки для обуви» каблуки классифицируются по высоте, используемым материалам, конструкции и способу отделки (рис. 2).



В зависимости от материала каблук могут изготавливаться несколькими способами. Низкие и средние каблуки могут быть собраны из плоских фликов из кожи или резины, но в качестве материалов могут использоваться пробка, акрил или даже металл. Производство деревянных каблуков включает в себя токарную обработку или фрезерование на ЧПУ. Для производства каблуков из полимерных материалов (полиэтилен, полипропилен, капроновые смолы, АВС и др.) используется инжекционное формование (литье под давлением). Современные пресс-формы для литья производятся методом 5-осевой фрезерной обработки с ЧПУ, что позволяет реализовывать геометрически сложные, скульптурные формы. Гранулы термопласта расплавляют и под высоким давлением впрыскивают в пресс-форму, после чего материал охлаждают и обрабатывают.

На сегодняшний день для проектирования и производства наиболее актуально цифровое моделирование и аддитивные технологии. Этот метод позволяет создавать точные и детализированные модели объектов. На этапе моделирования специалисты формируют геометрическую структуру изделия, разрабатывают конструктивные решения и проводят оптимизацию для улучшения характеристик объекта. Наиболее популярными программами для моделирования объектов являются *Rhinoceros 3D*, *SolidWorks*, *Fusion 360* – для точного геометрического моделирования, *ZBrush* и *Blender* – для биоморфных форм и имитации ручной лепки, *Grasshopper* и *Rhino* – для параметрического и генеративного дизайна. После создания 3D модели ее отправляют на печать для получения прототипа, образца или готового объекта. В зависимости от технологии и масштаба производства, 3D-печать может занимать от 30 минут (небольшой каблук на настольном SLA-принтере) до нескольких суток (крупная партия на промышленной установке). После печати объект подвергается постобработке, которая включает в себя удаление поддержек, шлифовку, полировку, грунтовку, окраску, металлизацию, сборку.

Современное производство не ограничивается только 3D-печатью. Широкое распространение получили гибридные методы, сочетающие аддитивные и традиционные технологии.

К наиболее востребованным гибридным технологиям можно отнести два направления:

1. Литьё по выплавляемым моделям с применением 3D-печати мастер-модели. Данный подход, первоначально разрабатывался для ювелирной промышленности, но его можно адаптировать для производства металлических каблуков. Традиционная восковая модель заменяется напечатанной на 3D-принтере фотополимерной моделью, что позволяет реализовывать сколь угодно сложную геометрию при сохранении высокого качества литья.

2. Композитные конструкции, сочетающие напечатанный сердечник и ручную обтяжку кожей, текстилем или иными материалами. Эта технология является фирменным знаком многих независимых дизайнеров: цифровое производство обеспечивает сложную, скульптурную форму, а ручная работа – тактильное качество и уникальность [2].

Одним из показательных примеров является подход, применяемый в работе дизайнера *Iris van Herpen*: напечатанный на 3D-принтере каркас каблука помещается в литьевую форму и заполняется эластомером или полиуретаном. Это обеспечивает идеальное сцепление напечатанной структуры с обувью, защиту хрупких печатных элементов и возможность комбинирования разнородных материалов [3].

В ходе изучения феномена популярности необычных каблуков и продукции бренда «*Irregular Choice*» был разработан проект скульптурного каблука, который демонстрирует современные тенденции в дизайне (рис. 3) и создан уникальный макет. Макет выполнен из скульптурного пластилина, позволяющего быстро вносить изменения и прорабатывать мелкие детали (рис. 4).



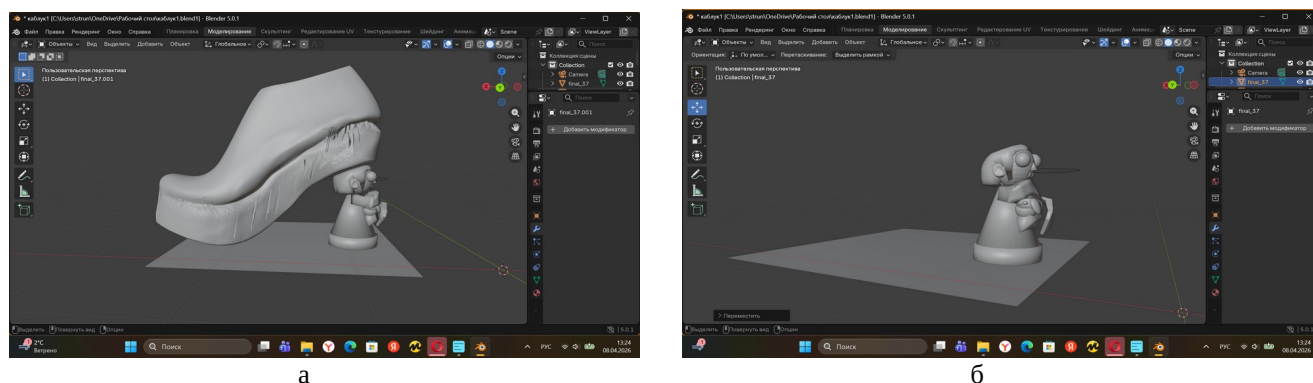
Рис. 3. Эскиз модели каблука



Рис. 4. Макет каблука: а – общий вид; б – укрупненный вид каблука

Высота каблука – 70 мм, что позволяет проработать мелкие скульптурные детали каблука. Несмотря на то, что такой каблук относится к особо высоким по классификации, он считается вполне удобным для повседневной носки. Широкая набойка компенсирует сложную форму и обеспечивает устойчивость. Ляпис каблука спроектирован таким образом, чтобы обеспечить широкую площадь контакта со следом обуви для надежного крепления и вместе с тем визуально сохранить общую форму головы модели.

Дальнейший процесс изготовления включает в себя сканирование пластилинового макета с помощью 3D-сканера или построение каблука по чертежам в программах для параметрического и генеративного дизайна (*Rhino, Grasshopper, SolidWorks* и др.), последующую обработку в программном обеспечении *Blender* (рис. 5), печать и апробацию модели каблука.

Рис. 5. Каблук в программе *Blender*: а – с подошвой и колодкой; б – отдельно

На сегодняшний день производство необычных каблук – это синтез ремесла и технологии, ручного труда и цифрового дизайна, уникальности и тиражируемости. И именно этот синтез обеспечивает направлению необычного каблука динамичное развитие в условиях стремительно меняющейся модной индустрии.

Список литературы

1. Невероятные каблук: кто придумал прозрачные танкетки и шпильки в стразах [Электронный ресурс] // Marie Claire. – 2018. – URL: <https://www.marieclaire.ru/moda/trend-na-fantazyinyie-kabluki/> (дата обращения: 09.04.2026).
2. Чехович А. Аддитивные технологии в литье по выплавляемым моделям: 3 практических примера [Электронный ресурс] // Блог iQB Technologies. – 2017. – 8 февр. – URL: <https://blog.iqb.ru/additive-technologies-lost-wax/> (дата обращения: 09.04.2026).
3. Iris Van Herpen Haute couture Runway Shoe [Электронный ресурс]: [портфолио] / Milosh Vukcevic // Behance. – New York: Adobe, 2019. – URL: <https://www.behance.net/gallery/100876815/Iris-Van-Herpen-Haute-couture-Runway-Shoe> (дата обращения: 09.04.2026).

References

1. Neveroyatnie kabluki: kto pridumal prozrachnie tanketki i shpilki v strazakh [Elektronnii resurs] // Marie Claire. – 2018. – URL: <https://www.marieclaire.ru/moda/trend-na-fantazyinyie-kabluki/> (data obrashcheniya: 09.04.2026).
2. Chekhovich A. Additivnie tekhnologii v lite po viplavlyаемim modelyam: 3 prakticheskikh primera [Elektronnii resurs] // Blog iQB Technologies. – 2017. – 8 fevr. – URL: <https://blog.iqb.ru/additive-technologies-lost-wax/> (data obrashcheniya: 09.04.2026).

3. Iris Van Herpen Haute couture Runway Shoe [Elektronni resurs]: [portfolio] / Milosh Vukcevic // Behance. – New York: Adobe, 2019. – URL: <https://www.behance.net/gallery/100876815/Iris-Van-Herpen-Haute-couture-Runway-Shoe> (data obrashcheniya: 09.04.2026).

УДК 688.35

А.Ю. Штабеева, Т.М. СумароковаСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая морская, 18**ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУИРОВАНИЯ ДВУХСТОРОННИХ СУМОК-ТРАНСФОРМЕРОВ ИЗ НАТУРАЛЬНОЙ КОЖИ**

©А.Ю. Штабеева, Т.М. Сумарокова 2026

В статье рассматриваются сумки-трансформеры с функцией выворачивания как актуальное направление в дизайне аксессуаров, позволяющее реализовать принцип «две сумки в одной». Выявлен недостаток методической базы по проектированию подобных моделей из натуральной кожи. Рассматриваются особенности подбора фурнитуры, материалов, конструирования и введения в конструкцию застёжки-молнии.

Ключевые слова: выворачивание, молния, сумка-трансформер, кожевенно-галантерейное изделие, особенности подбора, исследование, конструкция, технология.

A.Yu. Shtabeeva, T.M. SumarokovaSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design 18 Bolshaya Morskaya St.,
Saint Petersburg, 191186, Russia**FEATURES OF MATERIAL SELECTION AND DESIGN OF REVERSIBLE LEATHER TRANSFORMER BAGS**

© A.Yu. Shtabeeva, T.M. Sumarokova, 2026

The article considers transformer bags with a turning (reversible) function as a relevant direction in accessory design, allowing the implementation of the “two-in-one bag” concept. A lack of methodological support for designing such models made of genuine leather has been identified. The study examines the features of selecting hardware and materials, as well as the specifics of construction and the integration of a zipper into the design.

Keywords: turning inside out, zipper, transformer bag, leather goods, selection features, research, construction, technology.

В условиях глобализации и ускорения темпа жизни меняется роль материальных объектов: повседневные аксессуары перестают быть только утилитарными или декоративными и становятся посредниками между социальными сценариями и индивидуальными потребностями. Рост мобильности, размывание границ между работой и досугом и ориентация на осознанное потребление формируют спрос на адаптивные и многофункциональные вещи.

Сумка, прошедшая путь от простого мешка до статусного предмета, сегодня трансформируется в «умный» аксессуар, способный подстраиваться под изменяющиеся условия. Примером являются сумки-трансформеры, востребованные благодаря своей адаптивности. Их проектирование требует комплексного подхода, учитывающего особенности моделей, конструкцию и технологии.

Трансформация – способность модели менять свою форму, размер или функциональность в зависимости от потребностей владельца.

В таблице 1 продемонстрированы виды трансформаций в сумках.

Таблица 1. Виды трансформаций в сумках



Вид трансформации	Определение	Пример
Растяжение-сжатие	Это изменение формы/объема изделия при помощи складок, плиссировок, особенных конструктивных элементов, стяжек, эластичных материалов, молний и других регуляторов.	

Таблица 1. (продолжение)

Вид трансформации	Определение	Пример
Складывание и раскладывание	Изменение конфигурации элементов конструкции изделия, например, изменение их размеров, объёма или формы за счёт перегибания деталей или узлов.	
Отделение-присоединение	Отделение или присоединение съемных элементов или узлов, входящих в состав изделия.	
Перестановка	Перестановка элементов конструкции, отличающихся по цвету, виду и фактуре материала (шнуров, бантов, ремешков, пряжек и тд). Перестановка бывает с замещением или без замещения.	
Замещение	Замена одних съемных элементов или предметов другими при сохранении базовых элементов в изделии.	
Ориентация	Преобразование, адаптация к климатическим, динамическим условиям, за счет съемных деталей.	

Таблица 1. (окончание)

Вид трансформации	Определение	Пример
Выворачивание	Изменение внешнего вида изделия за счет использования лицевой и изнаночной сторон.	

Наибольший интерес представляют сумки-трансформеры с функцией выворачивания, так как они решают ряд актуальных задач: заменяют несколько сумок для разных случаев, позволяют быстро менять образ с повседневного на торжественный, удобны в поездках как универсальный аксессуар, дают возможность оперативно обновить внешний вид в течение дня и отвечают запросу на уникальные и продуманные вещи.

Кроме того, такие изделия поддерживают идею рационального минимализма, позволяя сократить количество покупок и получить эффект «две сумки в одной» без потери качества. Они также менее подвержены устареванию благодаря двустороннему дизайну. Особенность данных конструкций заключается в равноценности обеих сторон.

С учётом этой особенности важно разрабатывать ассортимент изделий, учитывая повышенные требования к материалам, фурнитуре и конструкции.

Обзор требований, особенности проектирования и изготовления будут рассмотрены на примере коллекции «На твоей стороне», которая была разработана для регионального профессионального конкурса «PRO Движение 2025» и заняла 3 место в номинации «Аксессуары».

На рисунке 1 представлены фото моделей коллекции с двух сторон.

Во всех изделиях, представленных на рисунке 1, трансформация достигается за счёт распластывания корпуса изделия до горизонтальной плоскости благодаря расстегиванию молний, введенных в конструкцию. Они расположены таким образом, что при полном расстегивании сумки, корпус становится плоским, что значительно упрощает процесс выворачивания.

Способность сумок принимать плоский вид удобна как для потребителя, так и для производства. Пользователь может компактно разместить одну или несколько сумок в чемодане при поездках, а производители – удобно транспортировать изделия без риска деформации. При этом сумки выполнены из эстетичного и долговечного материала – натуральной кожи.

На рисунке 1 видно, что в каждой модели присутствуют детали в виде полосок или «рамок» белого цвета. Выполнение их цельнокроеными нецелесообразно, поэтому применяется членение. Однако это приводит к увеличению количества швов. Для сохранения аккуратного внешнего вида при экономии материалов линии соединения переносятся в наименее заметные зоны – на дно или заднюю стенку, как это реализовано в моделях сумки с имитацией клапана и рюкзака.



Рис. 1. Реальные фото готовых сумок-трансформеров с видом трансформации «выворачивание»: а – повседневная сторона; б – модельная сторона

элементом остаётся натуральная кожа, представленная двумя слоями – с модельной и повседневной сторон.

В связи с этим возникает задача обоснованного выбора кожевенного материала: использование изначально тонкой кожи или использование толстой кожи с последующим раздвоением с сохранением лицевого слоя (спилки с лицевым слоем). Для определения оптимального варианта проведен сравнительный анализ физико-механических свойств материалов, результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 2. Таблица сравнения физико-механических свойств кож

Критерий	Изначально тонкая кожа	Спилки с лицевым слоем
Структура и происхождение	Естественная цельная структура. Полный пласт кожи, не подвергавшийся расслоению.	Искусственно истонченная кожа. Структура шкуры нарушена. Это верхний слой, отделенный от толстой шкуры. Его нижняя сторона – это место механического разделения
Пластичность	Высокая. Волокна по всей толщине длинные и естественно переплетены. Отлично тянется, мнется и драпируется без заломов.	Жесткая и "плоскостная". Обработка изнанки и отсутствие нижних слоев делают ее менее эластичной. При сгибах могут образовываться острые, "некрасивые" заломы.
Прочность на разрыв	Максимальная. Прочность обеспечивается цельным полотном длинных коллагеновых волокон.	Сниженная. Волокна в этом слое самые короткие. Прочность на разрыв может быть в 1.5-2 раза ниже, чем у цельной кожи той же толщины.
Стоимость	Выше, так как это отборное, неделимое сырье.	Значительно ниже. Это способ получить больше квадратных метров "лица" с одной шкуры, что экономически выгодно.
Предсказуемость поведения материала	Материал ведет себя предсказуемо и стареет с достоинством. Меньше шансов растрескивания или иных повреждений от частых выворачиваний и изгибаний изделия в разные стороны	Материал ведет себя непредсказуемо. При активном использовании (выворачивании) лицевой слой может начать отслаиваться или покрытие потрескается.

Согласно таблице 2, изначально тонкая кожа предпочтительнее искусственно утонченной.

При создании изделий с равнозначными сторонами кожа должна быть схожей по пластичности, жёсткости и толщине. Для модельной стороны используют лаковую кожу КРС с тиснением под крокодила – повседневная сторона подбирается с аналогичными характеристиками. Несоответствие свойств вызовет дисбаланс: одна сторона будет выглядеть жёстче и менее пластичной.

Двухсторонние сумки состоят из 1–2 цельнокроеных полотен и полностью выворачиваются – обе стороны лицевые. Материалы должны выдерживать многократные изгибы в разные стороны: при трансформации одна сторона сжимает другую, что усиливает нагрузку.

Дублирование бязью или спанбондом нецелесообразно – эти материалы при выворачивании могут отслаиваться и вызывают морщины в местах сгибов. Без дублирования складки на коже менее заметны. Оптимальный вариант – прокладочные материалы на трикотажной основе или эластичные нетканые материалы.

Плюсы:

- эластичность (растягиваются вместе с кожей без сопротивления);
- повторение сложных деформаций;
- идеальная драпируемость.

Минусы:

- не удерживают форму;
- могут быть недостаточно плотными для некоторых зон.

Дублирующие материалы, такие как кожкартон, изолон, EVA и др. со временем отслаиваются при изгибах – поэтому лучше их не вводить в конструкцию.

При размещении застёжки-молнии в нескольких плоскостях усложняется ход бегунка по молнии. Решить проблему, во-первых, помогут плавные, скруглённые переходы между плоскостями

корпуса, которые надо заложить на стадии конструирования изделия и, во-вторых, необходимо правильно выбрать тип молнии. Чем чаще расположены зубцы на молнии, тем легче движется бегунок.

Для кожевенно-галантерейных изделий чаще используют молнию № 5. Сравнительный анализ типов молний представлен в таблице 3.

Таблица 3. Количество зубцов на разных типах молнии

Тип молнии (№5)	Количество зубцов на 10 см, шт
Тракторная	~20
Спиральная (витая)	~32
Металлическая классическая	~20
Металлическая с частым зубом	~32


Основываясь на данных из таблицы 3, можно сделать вывод, что наиболее плавный ход обеспечивает спиральная молния и металлическая молния с частым зубом. В производстве сумок из натуральных кож чаще все-таки используют металлические молнии, которые способствуют созданию красивого внешнего вида изделия.

В магазинах фурнитуры и на маркетплейсах можно найти бегунки под любую задачу и характер изделия. В таблице 3 рассматриваются все виды бегунков, которые представлены на полках магазинов и маркетплейсов.

Таблица 4. Виды бегунков

Вид бегунка	Краткая характеристика	Область применения	Для каких видов молнии изготавливают	Фотография
Обычный (односторонний)	Имеет один пуллер, управление молнией осуществляется с одной стороны	Односторонние сумки, одежда, мелкая галантерея	Витая, металлическая, тракторная	
Реверсивный (потайной)	Располагается на изнаночной стороне молнии	Палатки, спальные мешки, гидрокостюмы	Витая	
Бегунок с двумя пуллерами	Оснащён двумя пуллерами, расположенными с разных сторон	Двухсторонние сумки, двухсторонняя одежда	Витая, тракторная	
Бегунок с перекидным пуллером	Имеет один пуллер, который перекидывается на нужную сторону	Двухсторонние сумки, двухсторонняя одежда	Тракторная, металлическая, витая	
Бегунок со стопором	Оснащён механизмом-фиксатором, предотвращающим самопроизвольное раскрытие	Кожгалантерея, сумки, чемоданы	Тракторная, металлическая, витая	

Таблица 1. (Окончание)

Вид бегунка	Краткая характеристика	Область применения	Для каких видов молнии изготавливают	Фотография
Бегунок без стопора	Не имеет стопорного механизма	Сумки, одежда, мелкая галантерея	Тракторная, металлическая, витая	

На основе таблицы 4 для двухсторонних сумок-трансформеров целесообразно использовать бегунки с доступом с обеих сторон – с двумя пуллерами или с перекидным пуллером. Учитывая, что для всех моделей целесообразно использование молнии именно с частым зубом, вариант бегунков с двумя пуллерами не подходит, потому что такие бегунки предназначены только для тракторных и витых молний. А также внутреннее содержимое сумки может помешать движению бегунка с двумя пуллерами, поэтому предпочтительнее будет использование именно бегунка с одним перекидным пуллером. Не менее важно предотвратить самопроизвольное раскрытие молнии в изделиях такого вида. Это может обеспечить стопорный механизм. Стоит заметить, что бегунки с перекидными пуллерами выпускаются только со стопорными механизмами.

Остальная фурнитура не имеет специальных требований при подборе. Главными являются только их соответствие стилю, размерам, цвету, форме и фактуре фурнитуры, подобранной выше.

Подводя итог, можно сделать вывод что сумки-трансформеры с видом трансформации «выворачивание» являются актуальными, так как отвечают современным требованиям мобильности и осознанного потребления. Такие изделия помогают значительно сэкономить средства и пространство для хранения, став при этом более универсальными и функциональными.

Таким образом, в ходе проведенного исследования был произведен многозадачный подход при разработке двухсторонних сумок-трансформеров, были решены как художественно-композиционные, так и конструктивно-технологические задачи.

Одна из основных задач исследования – разработка рационального кроя изделия, который позволил бы сделать обе стороны сумки лицевыми, при сохранении эстетически правильного внешнего вида. Особые требования предъявлялись к введению застежки-молнии в конструкцию, так как в данных изделиях она выступает не только как способ закрывания, но и как способ трансформации изделия. Дополнительные трудности существовали с подбором фурнитуры и двум видам натуральной кожи, которые бы удовлетворяли таким требованиям как пластичность, малая масса, а также снижение общей массы пакета материала без потери прочности и качества.

Выявленные проблемы и конструктивно-технологические особенности были решены в процессе исследования и подтверждены практической разработкой коллекции сумок «На твоей стороне». Полученные результаты свидетельствуют о решаемости озвученных выше проблем, демонстрируют возможность создания функциональных двухсторонних изделий из натуральной кожи и подтверждают перспективность данного пути в дизайне кожевенно-галантерейных изделий.

Список литературы:

1. Томашева Р. Н. Конструирование и технология кожгалантерейных изделий: лабораторный практикум. – Витебск: УО «ВГТУ», 2022, – 99 с.
2. Янгирова Р. Г. Особенности обработки изделий из натуральной кожи: учебное пособие. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011, – 37 с.
3. Бегунки для молнии 5 [Электронный ресурс]: – Режим доступа: (дата обращения 12.04.2026).

References

1. Tomasheva R. N. Konstruirovaniye i tekhnologiya kozhgalantereynykh izdeliy: laboratornyy praktikum (Design and Technology of Leather Goods: Laboratory Workshop). – Vitebsk: UO «VGTU», 2022. – 99 p.
2. Yangirova R. G. Osobennosti obrabotki izdeliy iz natural'noy kozhi: uchebnoye posobie (Features of Processing Products Made of Genuine Leather: Study Guide). – Chelyabinsk: Izdatel'skiy tsentr YuUrGU, 2011. – 37 p.
3. Zipper sliders No. 5 [Electronic resource]. – Available at: (date accessed: 12.04.2026).

УДК 391.4

В. Р. Галиуллина, Л. А. ЗахароваСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**АНАЛИЗ ДЕКОРАТИВНЫХ И КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ
ЖЕНСКИХ ПРАЗДНИЧНЫХ ТУФЕЛЬ В ВОРОНЕЖСКОЙ ГУБЕРНИИ КОНЦА XIX НАЧАЛА XX
ВЕКА**

© В. Р. Галиуллина, Л. А. Захарова, 2026

*Данная статья посвящена изучению русского народного костюма. Предметом исследования являются женские нарядные туфли «коты». В статье представлены результаты анализа особенностей художественного оформления и конструктивно-технологических характеристик данной традиционной обуви. Приведённый анализ является предпроектным исследованием для выявления этнографических особенностей «котов» для изготовления наиболее качественной реплики модели обуви.***Ключевые слова:** традиционная обувь, «коты», Воронежская губерния, русский костюм, женские праздничные туфли, способы декорирования, конструктивно-технологические характеристики**V. R. Galiullina, L. A. Zakharova**Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**ANALYSIS OF DECORATIVE, STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL FEATURES OF WOMEN'S
FORMAL SHOES IN THE VORONEZH PROVINCE OF THE LATE 19TH AND EARLY 20TH
CENTURIES***This article examines Russian folk costume. The subject of this study is the elegant women's shoe, "koty". The article presents the results of an analysis of the artistic design and design and technological characteristics of this traditional footwear. This analysis is a preliminary study to identify the ethnographic characteristics of "koty" shoes in order to produce the highest quality replicas.***Keywords:** traditional footwear, "koty", Voronezh province, Russian costume, women's formal shoes, decoration methods, design and technological characteristics

В данной статье рассматривается русский народный костюм Воронежской губернии конца XIX начала XX века. Предмет исследования – женские праздничные туфли – «коты», которые являются частью традиционного нарядного костюма. Цель работы проанализировать конструктивно-технологические характеристики и особенности декорирования данного вида обуви, для последующего проектирования и изготовления реплики этого изделия при помощи современных технологий и способов декорирования. Для достижения этой цели был выполнен обзор этнографических образцов и фотографий туфель, изучены литературные источники. В статье дана историческая справка об особенностях костюма, приводится сравнительный анализ способов декорирования и обобщенное конструктивно-технологическое описание «котов».

Народная одежда складывалась веками, в ней много практических особенностей. Наши предки ценили удобный крой, а в процессе создания одежды и обуви старались максимально экономно использовать материалы. Анализ традиционной одежды актуален, так как конструктивные и технологические решения проверены временем и могут служить творческим первоисточником для дальнейших разработок.

В конце XIX — начале XX века восточная часть Белгородчины входила в состав Воронежской губернии. В настоящее время эту территорию составляют Красногвардейский, Алексеевский и Старооскольский районы Белгородской области, а также Репьевский и Острогожский районы Воронежской области. Освоение Воронежской губернии первоначально осуществлялось служивыми людьми, выходцами из южнорусских земель, поэтому в местном традиционном костюме особенно заметно влияние южнорусской одежды [1].

Традиционный костюм – это неотъемлемая часть нашей культуры. Особый интерес представляет женская праздничная одежда. Такой вывод можно сделать, внимательно разглядев одежду того времени. Яркость и праздничность создается контрастным сочетанием цветов и богатством декоративной отделки. Каждый предмет одежды богато украшен: рубаха и «завеска» искусно расшиты черноузорной гладью,

«понёва» ярко украшена шерстяными нитями, головной убор – «сорока» богато декорирована золотным шитьем, и обувь, конечно, не осталась без нарядной отделки [1]. Традиционный костюм села Подсерднее представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Традиционная одежда с. Подсерднее (Алексеевский р-н Белгородской обл.)

Русская народная кожаная обувь была повсеместно распространена в деревнях в конце XIX – начале XX века. В Воронежской губернии встречались кожаные полуботинки и туфли, на невысоком каблуке, которые в специальной литературе называются «коты». Образцы такой обуви удалось найти в музейных собраниях Российского этнографического музея, Воронежского областного краеведческого музея и частных коллекциях.

Коты, котики – очень звучное название обуви. Такое название женской обуви появилось на Руси одновременно с развитием кожевенного промысла, примерно в XIII – XIV веках [2].

Коты – это в основном женская праздничная обувь, которая изготавливалась из кожи. Встречаются образцы котов из войлока. Обувь из кожи была дорогим предметом гардероба, подобную роскошь могла позволить себе только семья с хорошим достатком. Такие туфли могли быть желанным подарком для невесты на свадьбу. Стоимость такого подарка доходила до 3 рублей 50 копеек. На эти деньги можно было купить корову [2].

Различие между правой и левой ногами не делалось, колодка для шитья использовалась прямая без дифференцирования [2]. Использование прямой колодки указывает на архаичность конструкции. Можно предположить, что более точную посадку такая обувь приобретала уже в процессе носки, постепенно приформовываясь к ноге владельца.

Нарядный вид такой обуви придавали, используя различные декоративные средства и техники. Такие как тиснение, использование декоративных гвоздиков, блочек, декоративных строчек и др. В таблице 1 приведён анализ основных способов декорирования котов.

Таблица. 1. Основные способы декорирования праздничных женских туфель в Воронежской губернии конца XIX начала XX века

Элемент декора	Изображение	Расположение в обуви	Материал	Цвет	Место бытования
Тиснение. Геометрический орнамент		Союзка	Кожа	–	–
Геометрический или растительный орнамент гвоздиками		Задинка, союзка	Метал	Серебрянный или золотой	Алексеевский район, с. Подсереднее
Блочки в один или два ряда в шахматном порядке		По верхнему канту	Метал или окрашенный метал	Серебрянный или цветной (красный, синий, белый)	Алексеевский район, с. Подсереднее; Бирюченский уезд, с. Афанасьевка
Прямоугольная накладка из кожи с зубчиками		Союзка, задинка	Кожа, метал	Черный	Алексеевский район, с. Подсереднее; Бирюченский уезд, с. Афанасьевка
Декоративные строчки. Геометрический орнамент		По верхнему канту	Нитки	Белый	Красногвардейский район
Подвязки с геометрическим орнаментом и кисточками на концах		Проходит через шлевку, фиксирует обувь на ноге	Шерстяные нити	Цветной (красный, зеленый, белый, розовый, черный, синий)	Алексеевский район, с. Подсереднее; Бирюченский уезд, с. Афанасьевка

Проведённый анализ способов декорирования женской нарядной обуви рассматриваемой местности и времени показал, что для украшения деталей верха применялись различные техники и декоративная фурнитура. Выделив основные способы декорирования можно адаптировать декор, цветовые решения и технологические приемы для разработки моделей обуви.

Носили такую обувь с толстыми чулками, которые доходили до колена и собирались на ноге в гармошку. Чулки вязали из светлых шерстяных нитей не вывязывая пятку. Верхнюю часть украшали геометрическим орнаментом тёмно-коричневыми или чёрными нитями. Чулки представлены на рисунках 2, а, б.



а



б

Рис. 2. Примеры вязаных чулков: а – чулок вязаный. Первая половина XX века. Воронежская губерния, с. Афанасьевка (Белгородская область, Алексеевский район); б – чулок из женского праздничного костюма. Вторая половина XIX века. Воронежская губерния, с. Подсереднее. (Белгородская область, Алексеевский район)

На ноге обувь фиксировали подвязками (оборами). Подвязки представляли собой сотканые на дощечках тесёмки из шерстяных цветных нитей. Дощечки – квадратные деревянные пластины с отверстиями по углам, в которые продеваются нити для ткачества поясов и шнуров [3].

Подвязка проходит через кожаную петлю (шлёвку) на задней части обуви и обвязывается вокруг голени несколько раз, как показано на рисунке 3. Как правило, концы подвязок украшены кисточками.



Рис. 3. Коты с подвязками


Данная обувь отличается продуманной конструкцией и традиционными приемами изготовления. Если рассматривать коты с современной точки зрения, по своей конструкции они сопоставимы с туфлями-лодочками. Заготовка верха не полностью закрывает тыльную часть стопы, союзка в носочной части закрывает пальцы и часть плюсны стопы. Туфли имеют наборный каблук высотой 20–30 мм.

Каблук снабжался металлической подковкой, предохранявшей его от быстрого износа. Для изготовления как верха обуви, так и подошвы использовалась кожа крупного рогатого скота. Подошвенная часть включала подметку и каблук, крепилась гвоздевым методом с применением металлических и деревянных гвоздей. Основными деталями верха обуви являлись круговая союзка и

задинка. Носочная часть имела округлую форму или форму мягкого квадрата. Изготовление обуви осуществлялось вручную.

Изучив разные образцы котов, можно сделать общее описание конструктивно-технологических характеристик, которое представлено в таблице 2.

Таблица. 2. Конструктивно-технологическое описание котов

Признак	Характеристика
Эскиз (фото)	
Вид	Туфли-лодочки
Половозрастная группа	Женская, 8
Назначение	Нарядная
Сезон	Летний, весенне-осенний
Конструкция заготовки верха обуви	Круговая союзка и задинка
Материал верха обуви	Кожа крупного рогатого скота
Материал низа обуви	Кожа, металл, дерево
Основные наружные детали заготовки верха	Круговая союзка, задинка
Наружные детали низа обуви	Подошва, подмётка, наборный каблук, подкова
Форма носочной части	Округлая, мягкий квадрат
Высота приподнятости пяточной части	20–30 мм
Способ обработки видимых краев деталей	Чистый срез, французский кант, фигурный срез, загибка
Декорирование	Тиснение, накладки, декоративная фурнитура и строчки
Метод крепления низа обуви	Гвоздевой
Способ формования	Обтяжно-затяжной
Способ удерживания на стопе	Подвязки
Способ изготовления заготовки верха	Ниточный метод соединения деталей заготовки
Технологические особенности	Ручной способ изготовления

Проведенный анализ позволил выявить характерные черты котов: форму, материалы, способы изготовления и художественного оформления. Полученные результаты послужат основой для разработки технологии создания реплик данной обуви, направленной на максимально точное воспроизведение исторического образца с учетом современных производственных возможностей. Такая работа имеет важное значение не только для сохранения и изучения традиций народного костюма, но и для укрепления связи с культурой региона. Разработка реплик традиционной обуви способствует обогащению ассортимента изделий, а также позволит соединить историческую достоверность, эстетическую выразительность и технологичность.

Список литературы

1. Вера Никитина Наряды, обряды и песни южной России. М.: «Московская консерватория», 2018. 295 с.
2. Белгородский государственный музей народной культуры. URL: <https://бгмнк.рф/старые-вещи/коты?ysclid=mnedyjnok179835830> (дата обращения: 01.04.2026)
3. Зотова И. П. Белгородский народный костюм. Изд. 2-е, испр. и доп. Белгород: Белгородская областная типография, 2020. 130 с.

References

1. Vera Nikitina Naryady, obryady i pesni yuzhnoj Rossii [Costumes, rituals and songs of southern Russia]. Moscow. «Moskovskaya konservatoriya», 2018. 295 p.
2. Belgorodskij gosudarstvennyj muzej narodnoj kul'tury. URL: <https://bgmnk.rf/starye-veshchi/koty?ysclid=mnedyjnok179835830> (data accessed 01.04.2026)
3. Zotova I. P. Belgorodskij narodnyj kostyum [Belgorod folk costume]. Izd. 2-e, ispr. i dop. Belgorod: Belgorodskaya oblastnaya tipografiya, 2020. 130 p.

УДК 685.34.017

Е.О. Глубшев, Н.В. ЯковлеваСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**ИССЛЕДОВАНИЕ СОПОСТАВИМОСТИ ПРИПОДНЯТОСТИ НОСОЧНОЙ ЧАСТИ КОЛОДКИ И ОБУВИ В КОНТЕКСТЕ ВЛИЯНИЯ НА БИОМЕХАНИКУ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА**

© Е.О. Глубшев, Н.В. Яковлева, 2026

В работе исследуется изменение приподнятости носочной части обуви после снятия с колодки, а также анализируются существующие подходы к проектированию высоты приподнятости носочной части колодки – основной оснастки обувного производства, задающей форму обуви. В рамках работы рассмотрены методы формирования и нормирования приподнятости носочной части колодки, осуществляемые при переходе от формы и размеров стопы к параметрам колодки обувной. В проектной части проведено проектирование колодок с различными значениями исследуемого параметра, моделей мужских ботинок на застежке-молнии. На первом этапе исследования ставилась задача зафиксировать изменение параметра подъема носка, заложенного в проектировании колодки относительно аналогичного подъема носочной части обуви. Для проведения измерений использовалась система маркерных точек. В результате установлено, что при исходной приподнятости носочной части колодки 15 мм изменение составляет 1,8 мм, при 25 мм — 3,88 мм, при 35 мм — 5,58 мм. Полученные результаты могут быть использованы при дальнейшей разработке рекомендаций по проектированию обувных колодок.

Ключевые слова: колодка обувная, приподнятость носочной части колодки, модель, обувь, приподнятость носочной части обуви, система маркерных точек

E.O. Glubshev, N.V. YakovlevaSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**STUDY OF THE CORRESPONDENCE BETWEEN THE TOE SPRING OF THE LAST AND THE FOOTWEAR IN THE CONTEXT OF ITS INFLUENCE ON HUMAN GAIT BIOMECHANICS**

This paper investigates the change in the toe spring of footwear after removal from the last, and analyses existing approaches to designing the toe spring height of the last—the primary tooling in footwear manufacturing that determines the shape of the shoe. The study examines methods for forming and standardizing the toe spring of the last, implemented during the transition from foot shape and dimensions to the parameters of the footwear last. In the design section, lasts with different values of the studied parameter were developed, along with models of men’s zip-up boots. At the first stage of the study, the objective was to quantify the difference between the toe spring specified in the last design and the corresponding toe spring of the finished footwear. A marker-based measurement system was used to perform the measurements. The results show that with an initial toe spring of the last of 15 mm, the change is 1.8 mm; for 25 mm, 3.88 mm; and for 35 mm, 5.58 mm. The obtained results can be used for the further development of recommendations for footwear last design.

Keywords: footwear last, toe spring of the last, model, footwear, toe spring of footwear, marker-based measurement system

1. Введение

В последние десятилетия биомеханика движения человека окончательно оформилась как самостоятельная междисциплинарная область научных исследований, объединяющая методы механики, физиологии, анатомии, инженерных наук и прикладной математики. Несмотря на значительное количество работ, посвящённых изучению влияния обуви на походку, большинство исследований сосредоточено на сравнении ходьбы босиком и в обуви, а также на анализе влияния амортизационных свойств подошвы и высоты каблука на паттерн походки. При этом геометрические характеристики колодок, в частности приподнятость носочной части, зачастую рассматриваются как второстепенные и не подвергаются систематическому количественному анализу. В практике обувного проектирования величина приподнятости носочной части нередко определяется теоретически или исходя из традиционных представлений о комфорте, без опоры на объективные биомеханические данные.

2. Подходы к проектированию колодки

В современной практике используются различные подходы к проектированию колодок, отличающиеся исходными данными, набором расчётных параметров и степенью индивидуализации формы. Классические методики, основанные на линейных и охватных измерениях стопы, рассматривают колодку как усреднённую конструкцию, адаптированную под размерно-полнотную систему и требования ГОСТ.

Особое место в проектировании колодки занимает вопрос формирования приподнятости носочной части, которая влияет на биомеханику переката стопы, устойчивость обуви и распределение нагрузки в области плюснефаланговых суставов. Подходы к разработке системы моделирования колодок изложены в трудах К.И. Ченцовой и соавторов, И.С. Степанова, Ю.П. Зыбина и др. На форму колодки также оказывают влияние технологические требования, предъявляемые к ней, как основной оснастке обувного производства.

У Ченцовой К.И. и соавторов подход классический: колодка рассматривается как геометрическая модель с учётом функциональных изменений формы и размеров стопы в статике и динамике [1]. Исходной базой служит комплект линейных и охватных измерений стопы: длина, ширины следа в характерных сечениях (область пучков, свод, пятка), окружности в пучках и подъёме, высота подъёма и т.п. При проектировании продольно-вертикального сечения колодки (рисунок 1, а) учитывается нормирование приподнятости пяточной части колодки с соответствующей приподнятостью носочной части. Значения последней регламентируются величиной V_n , задаваемой для различных групп колодок. Так, для 9 группы максимальная V_n составляет 15 мм, для высоты приподнятости пяточной части 15–25 мм. Для 8 группы колодок, чем выше приподнятость пяточной части, тем меньше приподнятость носочной части в обуви (для 15–25 мм – $V_n=12$ мм, для 30–40 мм – $V_n=10$ мм, для 45–60 мм – $V_n=8$ мм).

У Степанова И.С. (рисунок 1, б) построение продольного профиля колодки опирается на систему расчётных линий, связанных с окружностями пучков, подъёмом, косым и прямым взёмом [2]. Величина подъёма носка фиксирована: 10 мм для низкого каблука, 8 мм – для среднего, 7 мм – для высокого; Если подошва обладает недостаточной гибкостью — например, при использовании плотных кож, — естественный изгиб в передней части обуви затрудняется, то допускается увеличение приподнятости носочной части до 15 мм.

В трудах Зыбина Ю.П. и соавторов [3] также предполагается нормирование приподнятости носочной части (рисунок 1, в). На продольной оси следа выделяют точку С, которая соответствует области плюснефаланговых суставов и является ключевой опорной точкой переката стопы. Эта точка устанавливается пропорционально длине стопы и служит исходным ориентиром для построения носочной части колодки. Через точку С восстанавливается перпендикуляр к продольной оси следа. На нём откладывается величина приподнятости носочной части V_n , соответствующая группе размеров по таблице. Верхняя точка построенного отрезка обозначается как С1, формируя фиксированную координату верхнего уровня носочной части колодки. Для мужских колодок приподнятость носка устанавливается как 14–15 мм, для женских она зависит от приподнятости пяточной части (для $V_p=20$ мм $V_n=11–12$ мм, для $V_p=40$ мм $V_n=9–10$ мм, для $V_p=60$ мм $V_n=7–8$ мм). Для обуви с жёсткими подошвенными материалами величину подъёма рекомендуется увеличивать на одну треть.

В учебном издании В. В. Костылевой и В. М. Ключниковой [4] приподнятость носочной части рассматривается аналогично методике Ю. П. Зыбина, а именно как параметр, нормируемый в зависимости от рода обуви и приподнятости пяточной части. В условиях автоматизированного проектирования формообразование колодки осуществляется поэтапно: на первом этапе производится подъём пяточно-геленочной части на угол f , затем пяточная часть опускается на угол d , после чего выполняется поворот носочной части вверх на угол b относительно центра вращения O_1 (рисунок 1, г).

ГОСТ 3927–88 «Колодки обувные. Технические условия» регламентирует геометрические и технологические параметры обувных колодок, однако в его структуре отсутствуют положения, касающиеся приподнятости носочной части. Стандарт определяет лишь основные линейные и охватные размеры, допуски, классификационные признаки, требования к точности обработки и качеству поверхности.

В ГОСТ 3927–75 «Колодки обувные» приподнятость носочной части колодки была нормирована. Метод её измерения формулируется как “отстояние” от опорной поверхности носочной части колодки исходного размера в точке минимального припуска по длине следа”. Авторы, описывающие методики проектирования, представленные выше, во многом сходятся в подходе изложенной в этом ГОСТ. Для колодок с низкой приподнятостью пяточной части для группы 9 величина составляет 15 мм, для 4,5,6,7,8 групп – 12 мм, для групп 2 и 3 – 10 мм, для 1 группы – 8 мм, для 0 группы – 6 мм. Также дается указание для женских колодок с приподнятостью пяточной части 30–40 мм – 10 мм, для 50–60 мм и более 8 мм. Рекомендуется увеличивать приподнятость носочной части на 3 мм в летней обуви открытого типа. Высоту измеряют согласно рисунку 1, д.

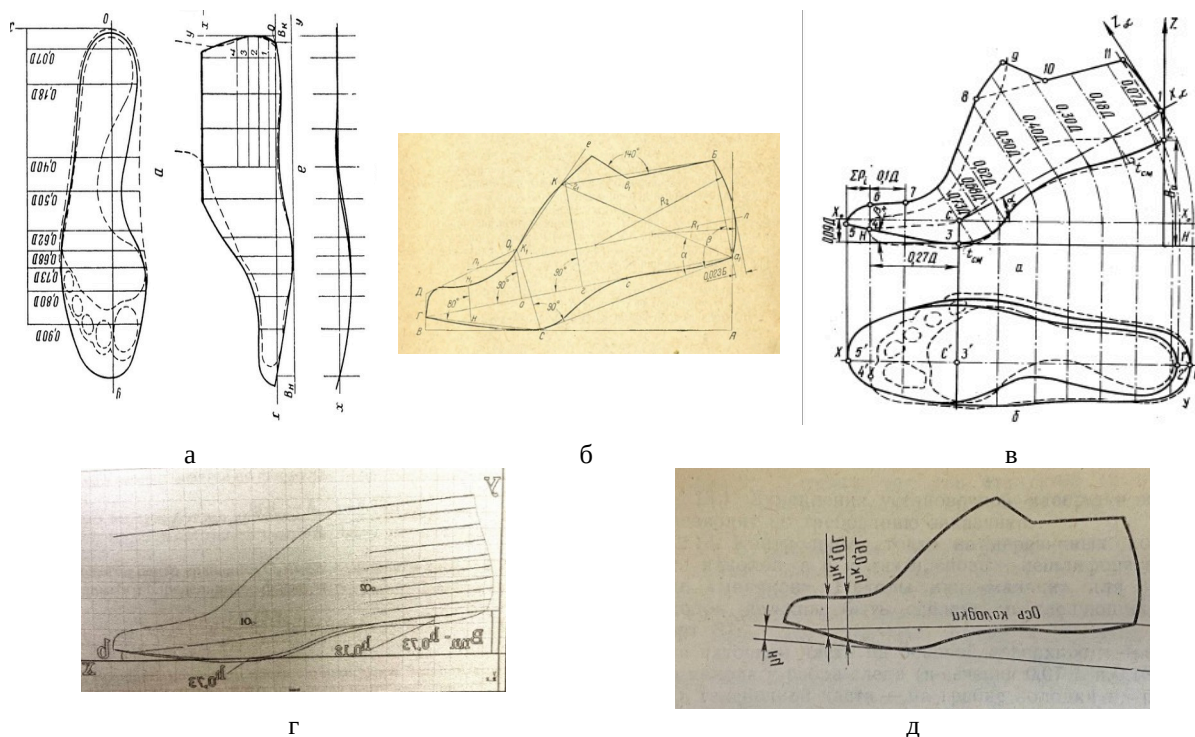


Рис. 1. Проектирование приподнятости носочной части колодки:
 а – проектирование проекции следа и продольного сечения колодки по методике К.И. Ченцово́й;
 б – проектирование продольного профиля женской колодки по методике И.С. Степанова;
 в – проектирование продольного сечения и проекции следа колодки по методике Зыбина Ю.П.;
 г – сечения колодки после установления приподнятости пяточной и носочной частей В. В. Костылевой и
 В. М. Ключниковой;
 д – способ измерения приподнятости носочной части по ГОСТ 3927–75 «Колодки обувные»

Традиционно приподнятость носочной части рассматривают как геометрический элемент колодки, необходимый для соответствия форме стопы и исключения преждевременного контакта носка с поверхностью. Между тем современные исследования показывают, что величина приподнятости носочной части существенно влияет на кинематику плюснефаланговых суставов, направление реактивной силы опоры, моменты сил в голеностопном суставе и работу мышечно-связочного аппарата стопы. Недостаточная или чрезмерная приподнятость может ухудшить плавность переката, увеличить нагрузку на передний отдел стопы или привести к изменению двигательной стратегии шага. Отсутствие аргументированной информации о влиянии подъема носочной части колодки на указанные выше показатели походки, отсутствие нормирования данного параметра ГОСТ, делает тему исследования актуальной и значимой.

3. Актуальность в контексте моды и постановка задач исследования

В рамках современного дизайна обуви, особенно в сегменте так называемой авангардной или концептуальной моды, достаточно часто встречаются модели с выраженной приподнятостью носочной части, например на рисунке 2. В ряде случаев значительная приподнятость носка становится одним из ключевых композиционных элементов, определяющих стилистическую принадлежность обуви и отличающих её от традиционных конструктивных решений. В связи с этим контроль и анализ данного конструктивного параметра представляется важным как с точки зрения эргономики обуви, так и в контексте исследований, направленных на оценку влияния формы колодки на биомеханические характеристики движения человека.



Рис. 2. Ботинки Layer-0 с большой приподнятостью носочной части

В контексте этапа исследования были выделены следующие задачи:

- разработать экспериментальные образцы колодок, отличающиеся величиной приподнятости носочной части, а также изготовить 3 пары оснастки одного размера для изготовления обуви для испытаний;
- зафиксировать связь параметров высоты приподнятости носочной части колодки с величиной подъема носочной части готовой обуви посредством маркерного анализа.

4. Проектный раздел

В качестве основы для проектирования экспериментальных образцов была использована базовая колодка, параметры которой соответствуют требованиям ГОСТ 3927–88 по основным размерным и формообразующим характеристикам. Все геометрические и конструктивные параметры колодки, включая длину, полноту, форму пяточной части, профиль свода и пространственное положение стопы, сохранялись неизменными на протяжении всего эксперимента. Единственным варьируемым параметром являлась приподнятость носочной части, реализованная за счёт изменения геометрии переднего отдела колодки.

Проектирование базовой колодки и её модификаций осуществлялось (рисунок 3) с использованием специализированного программного обеспечения Autodesk Lastmaker Classic, предназначенного для цифрового моделирования обувных колодок и элементов конструкции обуви. Данная программа широко применяется в обувной промышленности и научно-проектной практике и позволяет выполнять трёхмерное параметрическое моделирование колодок с высокой точностью, обеспечивая контроль геометрии на всех этапах проектирования.

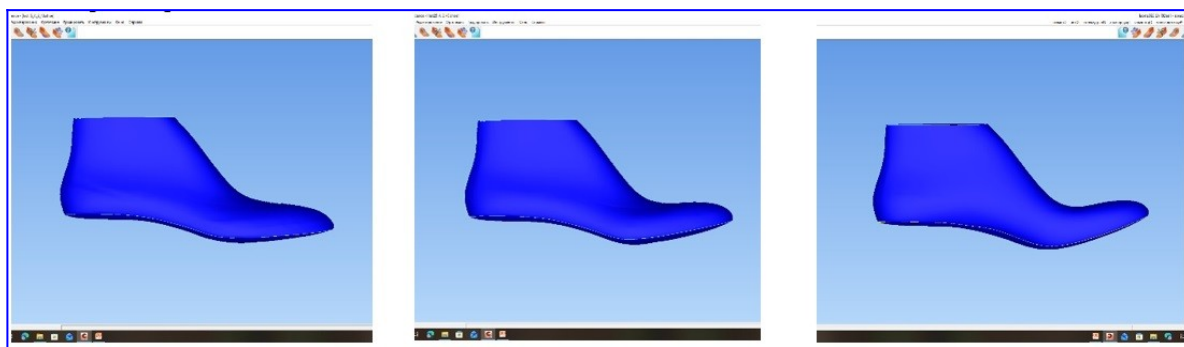


Рис. 3. Колодки с измененной приподнятостью носочной части

На основе разработанных цифровых моделей колодок были изготовлены опытные образцы в рамках предприятия АО “Импульс”. В дальнейшем получены УРК и выполнены чертежи верха обуви, используемые для изготовления экспериментальных образцов. Проектирование верха выполнено по методу ARS SUTORIA. Проектирование осуществлялось в программе “АСКО-2D.” Конструкция верха экспериментальной обуви представляет собой ботинки с застёжкой-молнией, с задним и передними тачными швами. Выбор данной конструкции обусловлен необходимостью обеспечить достаточную фиксацию стопы, технологическую простоту изготовления и воспроизводимость конструкции для всех экспериментальных образцов.

Для всех экспериментальных моделей чертежи верха являются идентичными по основным конструктивным параметрам. Единственным отличием между чертежами является положение носочной

части, соответствующее изменённой геометрии переднего отдела колодки и различной степени приподнятости носочной части (рисунок 4).

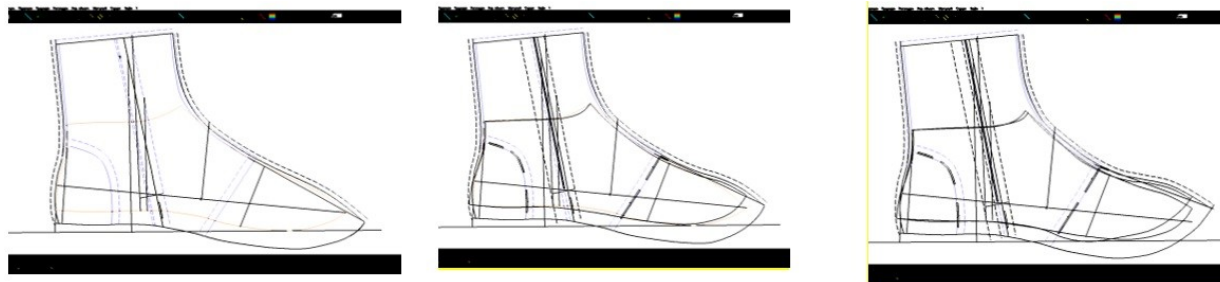


Рис. 4. Построение модели ботинок с разной приподнятостью носочной части

На основе чертежей были изготовлены экспериментальные модели с различной приподнятостью носочной части (рисунок 5).



Рис. 5. Изготовленные модели мужских ботинок с различной приподнятостью носочной части

5. Материалы и методы

Известно, что после снятия обуви с колодки её геометрические параметры могут меняться. Это связано с упруго-деформационными свойствами материалов, используемых в конструкции изделия. В частности, натуральная кожа верха обладает способностью к частичному восстановлению формы и релаксации напряжений после снятия формообразующего воздействия, что обусловлено её волокнистой структурой. Также влияние оказывают материалы низа обуви (подошва, стелька и промежуточные слои), обладающие амортизационными свойствами. В результате происходит перераспределение внутренних напряжений, что может приводить к небольшим изменениям формы, например, снижению приподнятости носочной части.

С целью определения изменения приподнятости носочной части после снятия с колодок на исследуемые образцы были установлены светоотражающие маркеры. Трёхмерные координаты маркеров регистрировались 8-камерной системой захвата движения Qualisys (Qualisys AB, Гётеборг, Швеция) с частотой 100 Гц. Система захвата движения была синхронизирована с помощью программного обеспечения Qualisys Track Manager [6]. Светоотражающие маркеры (диаметр 14 мм) размещались на наиболее выступающие точки носочной части продольно-осевого сечения обуви (№1) и нижнем крае передней части подошвы (№2), рисунок 6. После получения данных с обуви на колодке, колодка вынималась, при этом маркеры оставались прикрепленными на обувь. В таблице 1 левая полупара обозначается как Л, правая полупара обозначается – П. Через 24 часа была сделана повторная регистрация данных.



Рис. 6. Положение маркеров для измерения приподнятости носочной части

Сравнение их положения до и после снятия с колодки позволило зафиксировать величину изменения исследуемого параметра, результаты представлены в таблице 1 и на рисунке 7.

Таблица 1. Приподнятости носочной части контрольной обуви

Номер маркера по расположению	Приподнятость носочной части колодки, мм	Л с колодкой внутри, мм	Л без колодки, мм через 24 часа	Разница, мм	П с колодкой внутри, мм	П без колодки, мм через 24 часа	Разница, мм	Среднее значение между Л и П
№1	15	41,70	39,90	1,80	43,10	43,90	-0,80	0,50
	25	53,80	50,10	3,70	53,30	49,60	3,70	3,70
	35	62,20	56,80	5,40	64,00	58,90	5,10	5,25
№2	15	21,50	19,90	1,60	22,40	21,40	1,00	1,30
	25	33,30	29,90	3,40	34,80	30,10	4,70	4,05
	35	43,80	37,60	6,20	45,60	40,00	5,60	5,90



Рис. 7. Среднее значение между Л и П для маркеров №1 и №2

С целью повышения точности измерений рассчитывалось среднее значение между положениями 1 и 2 маркера, что позволяло уточнить и улучшить качество полученных данных. Отдельно стоит сказать, что разница между Л и П маркера №1 для приподнятости 1,5 мм оказалась отрицательной, что выбивается из общего положения изменения других маркеров. Поэтому средним значением между левой и правой полупарой мы будем считать аналогичное измерение для маркера №2, которое составляет 1,8 мм. На основании проведенных измерений установлено, что для обуви на колодке с приподнятостью носочной части 15 мм, изменение составило 1,8 мм; при приподнятости 25 мм – 3,88 мм; при 35 мм – 5,58 мм. Полученные результаты показывают зависимость величины изменения от исходного значения приподнятости колодки и величиной её изменения после снятия обуви с колодки.

6. Выводы:

В ходе выполненной работы была исследована изменяемость приподнятости носочной части обуви после снятия с колодки. Для повышения точности измерений использовалось усреднение значений, полученных по двум маркерным точкам (1 и 2), что позволило повысить достоверность результатов и снизить влияние локальных отклонений.

Установлено, что при исходной приподнятости носочной части колодки 15 мм изменение составило 1,8 мм, при 25 мм – 3,88 мм, при 35 мм – 5,58 мм. Полученные данные демонстрируют наличие зависимости между исходной величиной приподнятости и её изменением после снятия обуви с колодки.

Дальнейшие результаты исследования будут получены после полной обработки и анализа экспериментальных данных исследования биомеханических параметров движения стоп испытуемых (10 человек) при использовании исследуемых моделей обуви, что позволит оценить влияние исследуемого параметра на формирование паттерна походки. На основании этого станет возможным разработать

рекомендации по проектированию колодок, обеспечивающих более рациональное распределение нагрузок, снижение энергозатрат при ходьбе и приближение фаз шага к физиологически оптимальной модели.

Список литературы

1. Ченцова К. И. и др. Проектирование и моделирование обувных колодок. Изд-во «Легкая индустрия», 1971 г. – 208 стр.
2. И. С. Степанов Опыт моделирования и изготовления обувных колодок. Изд-во научно-технической литературы РСФСР, Москва, 1960 г. – 137 стр.
3. Ю. П. Зыбин, В. М. Ключникова, Т. С. Кочеткова, В. А. Фукин. Конструирование изделий из кожи: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Конструирование изделий из кожи», «Технология изделий из кожи». – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982 г. – 264 с.
4. Конструирование изделий из кожи: учебник / В.В. Костылева, В.М. Ключникова. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 353 с.
5. Швецова Т. П. Технология обуви. Учебник для сред. спец. учеб. заведений легкой промышленности. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983 г. – 296 с.
6. Kirtley C. Clinical Gait Analysis: Theory and Practice. – Edinburgh: Elsevier / Churchill Livingstone, 2006. – 309 p.

References

1. Chentsova K. I. i dr. Proyektirovaniye i modelirovaniye obuvnykh kolodok. Izd-vo «Legkaya industriya», 1971 g. – 208 str.
2. I. S. Stepanov Opyt modelirovaniya i izgotovleniya obuvnykh kolodok. Izd-vo nauchno-tekhnicheskoy literatury RSFSR, Moskva, 1960 g. – 137 str.
3. Yu. P. Zybin, V. M. Klyuchnikova, T. S. Kochetkova, V. A. Fukin. Konstruirovaniye izdeliy iz kozhi: Uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchikhsya po spetsial'nosti «Konstruirovaniye izdeliy iz kozhi», «Tekhnologiya izdeliy iz kozhi». – М.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1982 g. – 264 s.
4. Konstruirovaniye izdeliy iz kozhi: uchebnik / V.V. Kostyleva, V.M. Klyuchnikova. – Moskva: INFRA – M, 2022. – 353 s.
5. Shvetsova T. P. Tekhnologiya obuvi. Uchebnik dlya sred. spets. ucheb. zavedeniy legkoy promyshlennosti. M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1983 g. – 296 s.
6. Kirtley C. Clinical Gait Analysis: Theory and Practice. – Edinburgh: Elsevier / Churchill Livingstone, 2006. – 309 p.

УДК 688.35

М.В. Илларионова, Т.М. СумароковаСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**КЛАССИФИКАЦИЯ РАМОЧНЫХ ЗАМКОВ И ВЛИЯНИЕ ВИДА ЗАМКА НА МОДЕЛИРОВАНИЕ
КОЖЕВЕННО-ГАЛАНТЕРЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

© М.В. Илларионова, Т.М. Сумарокова 2026

Статья посвящена анализу рамочных замков, их классификации и влиянию на конструктивное моделирование. В статье рассматриваются историческая подоплека возникновения рамочного замка, его эволюция и современное применение. Особое внимание уделяется классификации замков по назначению, конструкции, материалу из которого делают рамочные замки и виду запирающего механизма.

Ключевые слова: рамочный замок, причины возникновения, применение, классификация, моделирование, влияние

M.V. Illarionova, T.M. SumarokovaSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**CLASSIFICATION OF FRAME LOCKS AND THE INFLUENCE OF THE LOCK TYPE ON THE
DESIGN OF LEATHER GOODS PRODUCTS**

The article is devoted to the analysis of frame locks, their classification, and their impact on structural modeling. The article examines the historical context of the emergence of the frame lock, its evolution, and its modern application. Special attention is paid to the classification of locks based on their purpose, design, material, and locking mechanism.

Keywords: clasp closure, causes, modern application, classification, modeling, influence

Историки моды относят возникновение дамской сумочки как самостоятельного элемента гардероба ко второй половине XVIII века. В этот период аксессуар закрепляется в европейском женском гардеробе и начинает носиться на руке. В XIX веке наблюдается активное развитие дизайна сумок: экспериментируют с формами и материалами, внедряют рамочный замок и внутренние отделения. Появляется классификация дамских аксессуаров по назначению — выделяют модели для прогулок, торжественных мероприятий, визитов, свиданий, походов в театр и т.д. К началу XX столетия производство дамских сумочек характеризуется многообразием техник и материалов. Изготавливают гобеленовые, расшитые нитями и бисером, вязаные, кружевные и кольчужные модели. В качестве сырья использовались металл, кожа, перламутр, ткань и целлулоид. Сумочки создавали как по индивидуальным заказам, так и массово — на мануфактурах. [1]

В широких массах рамочный замок чаще известен под названием фермуар. Французский термин *fermoir* обладает несколькими значениями: он может обозначать застёжку для ювелирных украшений (прежде всего ожерелий), само ожерелье с такой застёжкой, застёжку для книги, а также столярный инструмент. Многозначность слова обусловлена семантикой французского глагола *fermer* — «закрывать». В рамках данного исследования под термином «фермуар» будет пониматься исключительно застёжка для сумки, что позволит избежать терминологической неоднозначности. Оказывается, у такой привычной детали, как фермуар, древняя и увлекательная история.

Он появился в Европе в XV веке как практичный элемент кошелька и остаётся им по сей день. А до этого обходились без него: небольшие сумки для мелочей, известные во Франции как *d'automônières sar razinoises*, просто завязывали на поясе. Забавно, что столь труднопроизносимое название они получили благодаря нищенкам: именно такие кошельки носили бродяги, скитавшиеся по улицам средневекового Парижа.

Постепенно фермуар перекочевал с кошельков на дамские сумки — и сам аксессуар превратился в своеобразный индикатор социального статуса. У аристократок сумки шили из роскошного плотного китайского шёлка, украшали тонкой вышивкой, а фермуар из серебра блистал драгоценными камнями. Дамы попроще выбирали модели из сукна или кожи, и застёжка у них была

попроще — из олова или других недорогих сплавов. Но даже такие «скромные» фермуары нередко поражали мастерством исполнения: их щедро украшали резьбой, а витиеватые узоры порой складывались в целые миниатюрные картины! Если ткань сумки изнашивалась, её просто заменяли, оставляя нетронутым ценный фермуар — к нему пришивали новый корпус. Так самые изысканные застёжки стали почти семейными реликвиями и передавались из поколения в поколение. Три столетия спустя мода на фермуары дошла и до мужчин: они украшали крошечные сумки из марокканской кожи — *carreaux*, что буквально означает «квадраты».

На рисунке 1 показаны образцы некоторых сумок на рамочном замке XIX века, сохранившиеся на сегодняшний день.



Рис. 1. Фотографии антикварных сумок, сохранившихся на сегодняшний день: а – ридикюль выполненный в металле 1863г.; б – сумка «Калита» XV-XVII вв.; в – ридикюль, выполненный из перламутра; г – сумка дамская, вторая половина - конец XIX в.

На протяжении XIX века размеры женских сумок существенно увеличились, что отражало расширение их функционального назначения. Выбор аксессуара зависел от целей визита: компактная модель служила для хранения визитных карточек, пудры и зеркала, тогда как более вместительная позволяла взять с собой материалы для рукоделия. Особой чертой стало превращение сумки в объект декоративно-прикладного искусства: вышивка, выполненная самой владелицей, подчёркивала её художественный вкус и служила способом занять время в ходе светских мероприятий.

К XX веку женская сумка обретает привычные нам очертания ридикюля — и фермуар остаётся её неизменным украшением. Но уже в первой трети столетия сам фермуар эволюционирует: появляется плоская защёлка для минодьеров. Её придумал Шарль Арпель — французский ювелир, основатель знаменитого дома *Van Cleef & Arpels*.

Впрочем, даже с таким сильным конкурентом ридикюли не растеряли популярности. В 1920-е годы они стали неотъемлемой частью женского образа: их украшали перьями, речным жемчугом, расшивали золотыми нитями. И хотя выглядели они роскошно, стоили всё же дешевле «золотых коробочек» от Арпеля.

В 1920-40х годах ассортимент застёжек на сумках заметно расширился. На смену перекрёстной застёжке с бусами пришла вращающаяся — её Коко Шанель использовала в своей легендарной *it-bag 2.55*.

На рисунке 2 показаны образцы некоторых сумок на рамочном замке XX века, сохранившиеся на сегодняшний день.



Рис. 2. Фотографии антикварных сумок, сохранившихся на сегодняшний день:
а – ридикюль Евы Браун; б – сумка, расшитая гранатом; в – Сумка. Германия. 1920-е годы;
г - Сумка из гобелена. Австрия. 1930-1950гг

Сегодня фермуар украшает не только классические ридикюли, но и элегантные клатчи. Порой его механизм спрятан внутри, но все современные застёжки, которые открываются лёгким нажатием, ведут свою родословную именно от фермуара.

При этом сам фермуар никуда не исчез — его по-прежнему можно встретить на современных ридикюлях. Такая «старомодная» деталь помогает создавать самые разные ретро-образы: можно лишь слегка намекнуть на винтажную стилистику или, напротив, воссоздать образ почти дословно. И неважно, будут ли сумки с фермуарами в моде завтра — такие аксессуары живут вне трендов. Значит, сумка с такой застёжкой прослужит долго и верно. [2]

На рисунке 3 показаны фотографии дам с сумками на рамочном замке.



Рис. 3. Фотографии дам XX века:
а – сумка с деревянным рамочным замком; б – сумка с металлическим рамочным замком и
объемной вышивкой

Конструкция рамочных замков базируется на двух рамках, скрепленных шарнирным соединением. Рамочные замки (фермуары) имеют различную классификацию по множеству показателей.

Классификация по форме профиля рамки замка. Рамочный замок представляет собой две рамки, скрепленные шарнирным соединением. В более сложных вариантах замка добавляются дополнительная пара рамок, образующих средник.

Основные формы профиля рамки:

- прямоугольная;
- овальная;
- л-образная;

- л-образная с боковой заправкой.

Ниже на рисунке 3 показаны примеры коженно-галантерейных изделий с разными по профилю рамки замками.



а



б

Рис. 4. Коженно-галантерейные изделия с разной формой профиля рамки:

а – с прямоугольным профилем; б – с Л-образным профилем.

Классификация по способу соединения рамок замка. Конструкция рамочного замка может предполагать два варианта взаимного расположения рамок: соприкосновение внутренних боковых сторон рамки встык либо случай, когда передняя рамка заходит под пластину задней рамки внахлест, примеры продемонстрированы на рисунке 5.



а



б

Рис.5. Сумки на рамочном замке:

а – встык, б – внахлестку

Также следует обратить внимание, что существуют замки с одинаковой шириной профиля и с разной. Примеры продемонстрированы на рисунке 6.



а



б

Рис. 6. Сумки на рамочном замке с:

а – одинаковой шириной рамок; б – разной шириной рамок

Классификация по расположению желоба в рамке замка. Расположение желоба оказывает существенное влияние на расположение и величину припусков для последующего крепления замка на корпус изделия.

Широко распространена разновидность замка, состоящий из двух пластин без желоба, которые обтягиваются материалом верха.

Разделяют следующие виды желобов профиля рамки:

- с нижней заправкой;
- с верхней заправкой;
- с боковой заправкой;
- без заправки (в обтяжку).

На рисунке 7 показаны примеры коженно-галантерейных изделий с разными по расположению желоба в рамке замками.



Рис. 7. Кожевенно-галантерейные изделия с разным расположением желоба для заправки материала: а – с нижней заправкой; б – с верхней заправкой; в – с боковой заправкой; г – без заправки

Следует обратить внимание на способ закрепления боковой поверхности корпуса изделия в рамочный замок. Существуют замки без заправки боковой поверхности изделия и с заправкой. Наглядные примеры показаны на рисунке 8.



Рис. 6. Сумки на рамочном замке с:
а – боковой заправкой; б – без боковой заправки

Классификация по материалу замка. Замки выполняются из различных материалов, в зависимости от желаемого качества, ценовой категории и эстетических требований. Выделяют три особо распространённых материала изготовления рамочных замков: металл и сплавы, дерево и пластик. Примеры показаны на рисунке 9.



а



б



в

Рис. 9. Сумки на рамочном замке из:
а – из дерева; б – из металла; в – из пластика

Классификация по креплению замка на изделии. В зависимости от способа закрепления рамочного замка на корпусе изделия выделяют три основных вида:

- Пришивные, с отверстиями под ниточный шов,
 - Клеевые или обжимные с пазом для фиксации,
 - Винтовые, с отверстиями под фиксацию винтами или клепками.
- Примеры разных видов крепления замка на изделии показаны на рисунке 10.



а



б



в



г

Рис. 10. Кожевенно-галантерейные изделия на замке
а – пришивном; б – зажимном; в – винтовом; г – заклепочном

Классификация по виду запирающего устройства. Тип запирающего механизма определяет эргономичность, надежность и внешний вид рамочного замка. Выделяют следующие основные виды:

- защелка;
- пружинный механизм (головка);
- накладка;
- магнитный замок;
- штифтовый замок.

Все типы запирающего устройства замка гарантируют надежную фиксацию замка, что в свою очередь гарантирует исполнение главной функции замка – предотвратить попадание чего-либо внутрь изделия.

На рисунке 11 показаны примеры сумок на рамочном замке.



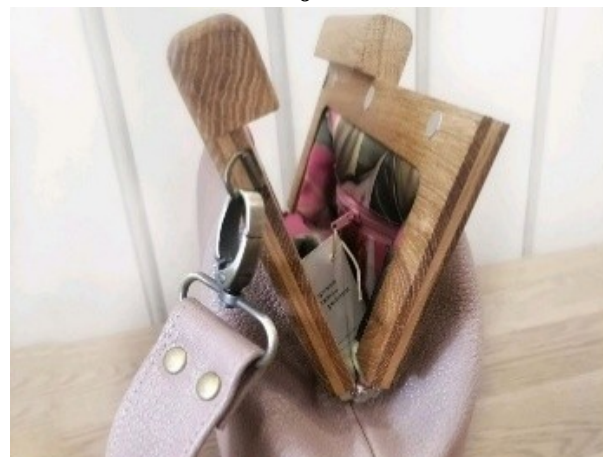
а



б



в



г



д

Рис. 11. Сумки на рамочном замке закрывающиеся:

а – на защелку; б – на пружинный механизм; в – на накладку; г – на магнитном замке; д – на штифтовом замке

Стандартные варианты форм замка предусматривают следующие формы: прямоугольная, прямоугольная со скругленными углами и овальная. Помимо базовых форм, возможны исполнения с применением более сложных геометрических форм.

Особое внимание хочется уделить влиянию вида рамочного замка (фермуара) на моделирование изделий. Сравнительный анализ продемонстрирован в таблице 1.

Таблица 1. Влияние вида рамочного замка на конструктивное моделирование изделия

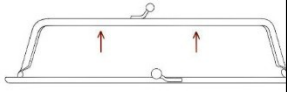
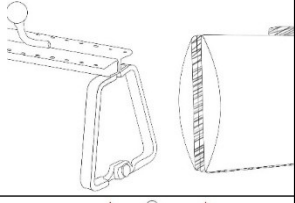
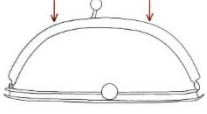
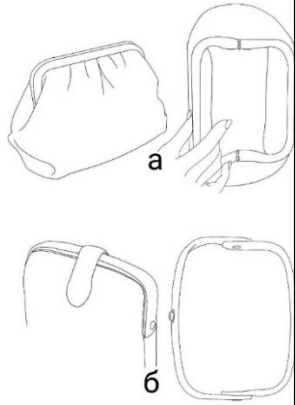
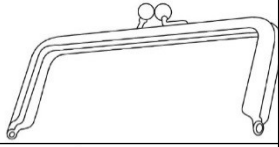
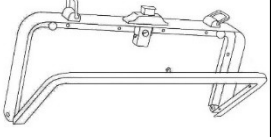
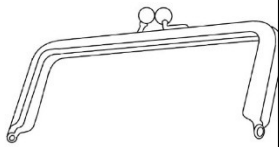
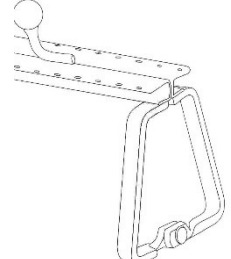
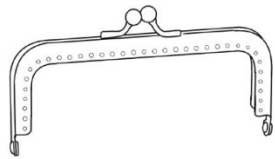

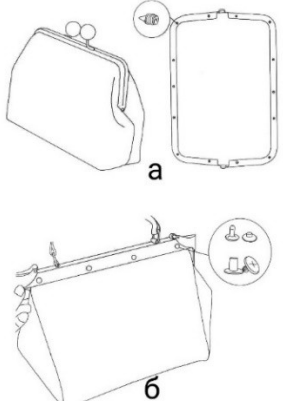
Классификация	Наименование вида	Иллюстрация	Влияние на моделирование изделия
По расположению желоба рамки	С нижней заправкой		Корпус изделия с открытой верхней поверхностью, подразумевает выворотный способ сборки
	С боковой заправкой		Корпус изделия с открытой верхней поверхностью с заправкой боковых поверхностей или без, подразумевает только выворотный способ сборки
	С верхней заправкой		Корпус изделия с открытой верхней поверхностью
	В обтяжку		При конструировании корпуса необходимо добавить детали обтяжки отдельные(б) или являющиеся частью деталей стенок(а). Корпус изделия с открытой верхней поверхностью, подразумевает только выворотный способ сборки
По способу соединения рамки	Встык		Корпус изделия с открытой верхней поверхностью, подразумевает выворотный и невыворотный способ сборки
	В нахлестку		Высота передней стенки отличается от высоты задней стенки и зависит от позиции рамок замка
По наличию боковой заправки	С заправкой		Корпус изделия с открытой верхней поверхностью, подразумевает выворотный способ сборки
По наличию боковой заправки	Без заправки		Корпус изделия с открытой верхней поверхностью, подразумевает выворотный и невыворотный способы сборки

Таблица. 1. (окончание)

Классификация	Наименование вида	Иллюстрация	Влияние на моделирование изделия
По способу скрепления с материалом	Пришивной		Требуется перфорация в зоне заправки материала для облегчения пришивания
	Зажимной		Корпус изделия с открытой верхней поверхностью, подразумевает выворотный и невыворотный способы сборки
	На винты		Конструкция с открытой верхней поверхностью, необходимо предусматривать прокладки для фиксации винтов (а). Конструкция с открытой верхней поверхностью и без фиксации боковой поверхности, необходимо предусматривать отверстия для фиксации винтов и способы соединения боковых частей замка с клинчиками (б)

Анализ конструкций рамочных замков показал, что особое внимание при моделировании сумок стоит уделять расположению желоба рамки и способу соединения замка с корпусом изделия.

Список литературы

1. Выставка «Дамская сумочка XIX-XXвеков». [Электронный ресурс] // Выставка «Дамская сумочка XIX-XXвеков». URL: <https://rmii.ru/vystavka-damskaya-sumochka-xix-xx-vekov#:~:text=В%20XIX%20веке%20начинаются%20эксперименты,выставка%20из%20Ярославского%20художественного%20музея.> (дата обращения: 26.03.2026)
2. Фермуар: непростая история простой застежки на сумке [Электронный ресурс]// Фермуар: непростая история простой застежки на сумке. URL:<https://www.marieclaire.ru/moda/fermuar-neprostay-istoriya-prostoy-zastejki-na-sumke-/>. (дата обращения: 27.03.2026)
3. Чумакова М.П., Шаповалова Н.Н. Технология и конструирование кожгалантерейных изделий. М.: Учебник, 1991. 240с.

References

1. The exhibition "Handbag of the XIX-XX centuries". [Electronic resource] // Exhibition "Handbag of the XIX-XX centuries". URL: <https://rmii.ru/vystavka-damskaya-sumochka-xix-xx-vekov#:~:text=В%20XIX%20веке%20начинаются%20эксперименты,выставка%20из%20Ярославского%20художественного%20музея.> (date of request: 03/26/2026)
2. Fermoir: The Complex History of a Simple Bag Clasp [Electronic resource]// Fermoir: The Complex History of a Simple Bag Clasp. URL:<https://www.marieclaire.ru/moda/fermuar-neprostay-istoriya-prostoy-zastejki-na-sumke-/>. (accessed on March 27, 2026)
3. Chumakova M.P., Shapovalova N.N. Technology and construction of leather goods. Moscow: Textbook, 1991. 240s.

УДК 658.567.1

А.А. Исмангулова, Д.В. СаморуковСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОБУВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0: ПРОБЛЕМА КОЖЕВЕННЫХ ОТХОДОВ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ**

© А.А. Исмангулова, Д.В. Саморуков, 2026

В статье рассматривается проблема образования и утилизации отходов кожевенного производства в контексте современных тенденций развития обувной промышленности. Показано, что динамично расширяющийся конкурентный ряд обувной продукции и сетевая модель организации производства, характерные для Индустрии 4.0, приводят к интенсификации образования твердых отходов, которые содержат токсичные соединения хрома. Нами предложен подход к управлению экологической безопасностью на основе системно-ситуативной модели управления и контроля качества субъектами многомерной производственной кооперации кожевенно-обувной отрасли, позволяющей оптимизировать материальные потоки и снизить объем не утилизируемых остатков. В работе представлен обзор современных технологий переработки дубленых и недубленых кожевенных отходов, включая получение композиционных материалов, белковых гидролизатов, сорбентов для очистки сточных вод и пигментов.

Ключевые слова: многомерная производственная кооперация, кожевенные отходы, утилизация, Индустрия 4.0, управление и контроль качества, сетевая модель производства, хромовое дубление, биотестирование, сорбенты, обувная промышленность.

A.A. Ismangulova, D.V. SamorukovSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design 191186, Saint Petersburg,
Bolshaya Morskaya, 18**QUALITY MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE SHOE INDUSTRY IN INDUSTRY 4.0: THE PROBLEM OF LEATHER WASTE AND ITS SOLUTIONS**

The article discusses the problem of waste generation and disposal in the leather industry in the context of current trends in the development of the footwear industry. It is shown that the dynamically expanding range of footwear products and the network model of production organization characteristic of Industry 4.0 lead to the intensive generation of solid waste that contains toxic chromium compounds. We propose an approach to environmental safety management based on a system-situation model of management and quality control by the subjects of multidimensional production cooperation in the leather and footwear industry, which allows for the optimization of material flows and the reduction of non-recyclable residues. The paper presents an overview of modern technologies for processing tanned and untanned leather waste, including the production of composite materials, protein hydrolysates, sorbents for wastewater treatment, and pigments.

Keywords: multidimensional production cooperation, leather waste, recycling, Industry 4.0, quality management and control, network production model, chrome tanning, biotesting, sorbents, and the footwear industry.

Введение. Обувная промышленность на современном этапе характеризуется высокой динамикой обновления промышленного ассортимента и постоянно расширяющимся конкурентным рядом продукции [1]. Производители вынуждены оперативно реагировать на изменения потребительских предпочтений, внедрять новые модели, экспериментировать с материалами и фурнитурой. Данная тенденция, усиленная принципами «быстрой моды», приводит к существенному сокращению жизненного цикла изделий и, как следствие, к росту объемов производственных отходов на всех этапах изготовления и эксплуатации обуви.

Особую остроту данная проблема приобретает в условиях сетевой модели организации производства, когда технологические операции распределены между различными предприятиями, цехами и даже странами [2]. В условиях многомерной производственной кооперации управление и контроль за сквозным качеством продукции и, что не менее важно, за образованием и движением отходов становится крайне затруднительным. Каждый узел производственной сети генерирует собственные потоки вторичного сырья, которые зачастую не учитываются централизованно и выводятся на полигоны без какой-либо переработки.

Ранее нами была предложена системно-ситуативная модель управления и контроля качества обувной продукции [3], учитывающая многофакторность и неопределенность, присущие сетевой организации производства субъектами многомерной кооперации. Одним из ключевых выводов в рамках данной модели является необходимость включения экологических параметров (объем и класс опасности отходов) в интегральный показатель качества организационно-технологического процесса. Инструментарий Индустрии 4.0, такие как цифровые двойники, системы прослеживаемости партий сырья, предиктивная аналитика, создает техническую базу для реализации такого комплексного подхода.

Целью настоящей работы является анализ состава и токсичности отходов кожевенно-обувного производства, а также обзор современных технологических направлений их утилизации, рассматриваемых как элемент общей системы управления качеством и контроля качества для устойчивого развития субъектов предпринимательской активности в условиях многомерной производственной кооперации.

Основные результаты. Производство натуральной кожи, несмотря на статус переработки побочного продукта мясной индустрии, сопряжено с образованием значительного количества твердых отходов. По различным оценкам, от 30 до 50 % массы исходного шкуры переходит в отходы на разных стадиях выделки [4]. Лишь 20–25 % сырья превращается в готовую кожу. В составе отходов содержится до 50 % белковых веществ, а также остатки химических реагентов, используемых при отмоке, зольении и дублении. Все кожевенные отходы принято разделять на две большие группы: недубленые и дубленые.

Недубленые отходы (мездра, обрезь голя, сырьевой лоскут) образуются на ранних стадиях производства, до обработки солями хрома. Они содержат преимущественно нативный коллаген и жировые вещества. Данная группа отходов достаточно успешно перерабатывается: мездру используют для получения технического жира и кормовой муки, голевую обрезь – для производства желатина и высококачественного клея. В Японии, например, из коллагеновых волокон голя изготавливают съедобные мембраны для упаковки пищевых продуктов [5]. Таким образом, недубленые отходы имеют высокий потенциал возврата в хозяйственный оборот.

Дубленые отходы (хромовая стружка, спилковая обрезь, шлифовочная пыль) представляют собой гораздо более сложную проблему. Широко распространенный метод хромового дубления, обеспечивающий коже высокие потребительские свойства (прочность, гидротермическую устойчивость, эластичность), одновременно делает отходы токсичными. Соединения трехвалентного хрома, а тем более способного образовываться при определенных условиях шестивалентного хрома, обладают выраженным негативным воздействием на живые организмы [6].

Для оценки экотоксичности хромовой стружки был проведен эксперимент Мальцевой В.С. по биотестированию с использованием семян овощных культур (огурец, редис, свекла, морковь, салат). Семена проращивали в вытяжке из хромовой стружки (рН=7) и в контрольной среде (дистиллированная вода). Результаты представлены в таблице 1.

Таблица. 1. Влияние вытяжки из хромовой стружки на всхожесть семян

Семена (общее число)	Время прорастания семян	Контрольная среда, рН = 7		Вытяжка из хромовых стружек	
		Количество семян, шт.	Процент прорастания, %	Количество семян, шт.	Процент прорастания, %
Огурец (50)	Через 5 суток	28	56	18	36
	Через 10 суток	50	100	43	86
Редис (50)	Через 5 суток	9	18	6	12
	Через 10 суток	44	88	30	60
Свёкла (50)	Через 5 суток	11	22	1	2
	Через 10 суток	40	80	12	24
Морковь (50)	Через 5 суток	11	22	0	0
	Через 10 суток	40	80	5	10
Салат (50)	Через 5 суток	15	30	3	6
	Через 10 суток	32	64	9	18

Как видно из таблицы, вытяжка из хромовой стружки оказывает выраженное ингибирующее действие на прорастание семян, особенно на начальных этапах. Наиболее чувствительными оказались семена моркови и свеклы, показавшие снижение всхожести на 10-е сутки на 70 и 56 процентных пунктов соответственно. Это убедительно доказывает, что прямое захоронение дубленых отходов на полигонах недопустимо, так как приводит к угнетению почвенной микрофлоры и растительности.

Современная наука и практика предлагают несколько направлений утилизации хромсодержащих отходов, позволяющих не только снизить экологический ущерб, но и получить ценные вторичные продукты. Рассмотрим основные из них.

Механическая переработка в композиционные материалы основана на разволокнении дубленых отходов и последующем смешивании кожевенных волокон со связующими веществами (латексами, термопластичными полимерами). Таким способом получают широкий спектр материалов, востребованных в самой обувной промышленности [7]:

– *кожкартон (обувной картон)*. Материал, производимый из смеси кожевенных и растительных волокон с добавлением связующего. В зависимости от состава и технологии выпускаются различные марки: СОП (стелечный), СВМП (высокопрочный), Техоп (гигиеничный). Кожкартон применяется для изготовления задников, стелек, платформ, а также прокладочных материалов в машиностроении.

– *наполнители для полимерных композиций*. Измельченные отходы хромовой кожи (в частности, полуфабриката wet-blue) могут использоваться в качестве наполнителя для вторичных термопластов, например, полипропилена [8]. Это позволяет снизить себестоимость изделий и придать им специфические свойства (повышенную жесткость, улучшенную адгезию).

Эффективным способом переработки отходов является **химическая переработка с получением белковых гидролизатов**. Путем щелочного или кислотного гидролиза, часто в сочетании с предварительным раздубливанием (удалением хрома), коллаген кожевенных отходов расщепляется до низкомолекулярных пептидов и аминокислот. Получаемые белковые гидролизаты находят разнообразное применение.

В строительной индустрии – в качестве пластифицирующих добавок в бетонные и цементные растворы, клеевых составов для ДСП и фанеры, компонентов шпатлевок [9].

В текстильной промышленности – как компонент шлихтующих составов, заменяющий пищевой крахмал.

В кожевенном производстве – как наполнители и додубливающие агенты, возвращаемые обратно в технологический цикл.

Одним из наиболее перспективных и экологически значимых направлений является использование хромовой стружки в качестве **сорбента для извлечения промышленных красителей из сточных вод** [10].

Мальцевой В.С. были исследованы сорбционные свойства кожевенной стружки по отношению к красителям различных классов: прямому синему и эриохрому черному Т.

Эксперименты проводились в статических условиях. Установлено, что при оптимальном соотношении фаз (масса красителя: масса сорбента = 1:400) 100 % сорбция эриохрома черного Т достигается за 9 минут, прямого синего – за 15 минут. Аналогичные результаты получены и для перманганата калия. Данная технология позволяет решать две задачи одновременно: утилизировать токсичный отход кожевенного производства и очищать сточные воды красильно-отделочных цехов, превращая стружку в востребованный реагент.

Термическая переработка и получение пигментов производится путем сжигания хромсодержащих отходов при температуре 700–800 °С в окислительной атмосфере, что позволяет перевести хром в сравнительно биостабильную форму и получить золу, пригодную для дальнейшего использования. В частности, из такой золы может быть синтезирована кальцийхромфосфатная связка, обладающая антикоррозионными свойствами и высокой износостойчивостью. Кроме того, продукты сжигания могут служить сырьем для получения пигментов, вводимых в состав порошковых красок, что обеспечивает практически безотходную технологию нанесения покрытий [11].

Следует отметить, что эффективная утилизация отходов невозможна без их надлежащего учета и сегрегации на самых ранних этапах производства. В условиях динамично расширяющегося конкурентного ряда и частой смены промышленного ассортимента, характерных для обувной промышленности, именно внедрение инструментов Индустрии 4.0 (RFID-метки на партиях кожи, автоматизированный контроль раскроя, цифровые двойники материальных потоков) позволяет:

1. Прогнозировать объемы образования отходов различных типов.
2. Разделять потоки недубленых и дубленых отходов непосредственно на местах их возникновения, что критически важно для выбора технологии дальнейшей переработки.
3. Выстраивать логистику сбора отходов в рамках сетевой модели производства, направляя их на специализированные перерабатывающие мощности.

Таким образом, проблема утилизации кожевенных отходов трансформируется из сугубо экологической в комплексную управленческую задачу субъектов многомерной производственной кооперации, решение которой требует применения современных цифровых технологий и системного подхода к управлению и контролю качества.

Заключение. Проведенный анализ показал, что интенсификация кожевенно-обувного производства в условиях расширения промышленного ассортимента и сетевой организации выпуска

готовой продукции ведет к росту объемов твердых отходов, среди которых наибольшую опасность представляют отходы хромового дубления. Экспериментально подтверждена их фитотоксичность, что исключает возможность простого захоронения на полигонах.

В то же время, рассмотренные в статье технологии (производство кожкартона, наполненных полимеров, белковых гидролизатов, сорбентов и пигментов) демонстрируют, что кожевенные отходы являются ценным технологическим сырьем. Их вовлечение в хозяйственный оборот не только снижает экологическую нагрузку, но и создает дополнительную экономическую ценность.

Ключевым условием успешной реализации данных технологий является интеграция процессов управления отходами в систему управления и контроля качества многомерной производственной кооперации, построенную на принципах Индустрии 4.0 и учитывающую ситуативные особенности организации сетевого производства обуви. Такой подход позволяет перейти от линейной модели «take-make-waste» к циркулярной экономике замкнутого цикла в кожевенно-обувной промышленности.

Список литературы

1. Евдокимов К.В., Саморуков В.И., Саморуков Д.В. Формирование адаптированного к запросам потребителей промышленного ассортимента обуви на основе исследований рынка обувной продукции // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2020. Т. 81. № 2. С. 247 - 258.
2. Саморуков Д.В. Снижение риска невыполнения функций обеспечения качества субъектами многомерной производственной кооперации / Д. В. Саморуков // Управление качеством продукции и услуг: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 25 - 29
3. Саморуков Д.В. Системно-ситуативная модель управления и контроля качества объектов и процессов кожевенно-обувного производства. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025616624, 18.03.2025.
4. Чиркова Н.А. Экологические проблемы в кожевенном производстве и пути их решения / Н.А. Чиркова, М.А. Сороковая // Проектная культура и качество жизни. 2018. № 12(12). С. 77-82.
5. Саморуков Д.В., Саморуков В.И., Цветкова Е.В. Стандартизация и контроль качества кастомизированных изделий из кожи // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна, Серия 4: Промышленные технологии. 2025. № 2. С. 43 - 47.
6. Яхьяева М.Х. Влияние микропластических частиц на организм / М.Х. Яхьяева, И.Ф. Эргашева // Теория и практика современной науки. 2022. № 10 (88). С. 197 – 204.
7. Иманкулова А.С. Новые направления использования отходов кожевенного производства / А.С. Иманкулова, А.К. Курманалиева // Известия КГТУ им. И. Раззакова. 2018. № 2 (46). С. 176-182.
8. Кордикова Е.И. Материалы на основе вторичного полипропилена и измельченных отходов кож / Е.И. Кордикова, Г.Н. Дьякова // Труды БГТУ. Сер. 2. 2020. № 2 (235). С. 159 - 162.
9. Барнаханова К.Т. О возможности использования отходов кожевенных предприятий в качестве связующего при изготовлении древесностружечных плит // Природопользование и проблемы антропосферы: Вестник ТарГУ. Тараз, 2007. № 2. С. 181-185.
10. Соловьева В.П. Сорбент для очистки хромсодержащих сточных вод / Ю. В. Соловьева, В. П. Юстратов, А. К. Горелкина и др. // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 7. С. 75-79.
11. Кузьменков, М.И. Получение фосфатной связки из хромсодержащих отходов кожевенного производства / М.И. Кузьменков, С.В. Плышевский // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии. Гродно, 1997. Ч. 2. С. 117-121.

References

1. Evdokimov K.V., Samorukov V.I., Samorukov D.V. Formirovanie adaptirovannogo k zaprosam potrebitel'ej promyshlennogo assortimenta obuvi na osnove issledovanij ry'nka obuvnoj produkcii [Formirovanie adaptirovannogo k zaprosam potrebitel'ej promyshlennogo assortimenta obuvi na osnove issledovanij rynka obuvnoj produkcii]. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperacii, e`konomiki i prava* [Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law]. 2020. No 2 (81). pp. 247-258. (in Rus.).
2. Samorukov D.V. Snizhenie riska nevypolneniya funkcij obespecheniya kachestva sub"ektami mnogomernoj proizvodstvennoj kooperacii [Reducing the risk of non-fulfillment of quality assurance functions by subjects of multidimensional production cooperation] *Upravlenie kachestvom produkcii i uslug* [Collection of scientific papers of the All-Russian scientific and practical conference "Quality management of products and services"]. Saint Petersburg, 2022. pp. 25-29. (in Rus.).
3. Samorukov D.V. Sistemno-situativnaya model' upravleniya i kontrolya kachestva ob"ektov i processov kozhevenno-obuvnogo proizvodstva [System-situational model of management and quality control of objects and processes of leather and footwear production]. *Svidetel'stvo o registracii programmy dlya EHVM RU 2025616624, 18.03.2025* [Certificate of registration of the computer program RU 2025616624, 18.03.2025]. (in Rus.).

4. Chirkova N.A. Ekologicheskie problemy v kozhevennom proizvodstve i puti ih resheniya [Environmental Problems in Leather Production and Their Solutions] / N.A. Chirkova, M.A. Sorokovaya. *Proektnaya kul'tura i kachestvo zhizni* [Project Culture and Quality of Life]. 2018. № 12(12). S. 77-82.
5. Samorukov D.V., Samorukov V.I., Tsvetkova E.V. Standartizatsiya i kontrol' kachestva kastomizirovannykh izdelij iz kozhi [Standardization and quality control of customized leather products] *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizajna, Seriya 4: Promyshlennye tekhnologii* [Bulletin of the St. Petersburg State University of Technology and Design, Series 4: Industrial Technologies.] 2025. No. 2. pp. 43-47. (in Rus.).
6. Yah'yaeva M.H. Vliyanie mikroplasticheskikh chastic na organizm [The effect of microplastic particles on the body] / M.H. Yah'yaeva, I.F. Ergasheva. *Teoriya i praktika sovremennoj nauki* [Theory and practice of modern science]. 2022. № 10 (88). S. 197 – 204.
7. Imankulova A.S. Novye napravleniya ispol'zovaniya othodov kozhevennogo proizvodstva [New directions of using waste from leather production] / A.S. Imankulova, A.K. Kurmanalieva. *Izvestiya KGTU im. I. Razzakova* [Izvestiya KGTU im. I. Razzakova]. 2018. № 2 (46). S. 176-182.
8. Kordikova E.I. Materialy na osnove vtorichnogo polipropilena i izmel'chennykh othodov kozh [Materials based on secondary polypropylene and crushed leather waste] / E.I. Kordikova, G.N. D'yakova. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU]. Ser. 2. 2020. № 2 (235). S. 159 - 162.
9. Barnahanova K.T. O vozmozhnosti ispol'zovaniya othodov kozhevnykh predpriyatij v kachestve svyazuyushchego pri izgotovlenii drevesnostruzhechnykh plit [On the possibility of using leather industry waste as a binder in the production of wood-chip boards] *Prirodopol'zovanie i problemy antroposfery: Vestnik TarGU* [Environmental Management and Problems of the Anthroposphere: Bulletin of Taras State University]. Taraz, 2007. № 2. S. 181-185.
10. Solov'eva V.P. Sorbent dlya ochistki hromsoderzhashchih stochnykh vod [Sorbent for the Purification of Chromium-Containing Wastewater] Yu. V. Solov'eva, V. P. Yustratov, A. K. Gorelkina i dr. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Research Journal]. 2022. № 7. С. 75-79.
11. Kuz'menkov, M.I. Poluchenie fosfatnoj svyazki iz hromsoderzhashchih othodov kozhevennogo proizvodstva [Obtaining a phosphate binder from chromium-containing leather production waste] M.I. Kuz'menkov, S.V. Plyshevskij. *Resursosberegayushchie i ekologicheski chistye tekhnologii* [Resource-saving and environmentally friendly technologies]. Grodno, 1997. Ch. 2. S. 117-121.

УДК 685.31

И.В. Колчин, Н.В. Яковлева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ФОРМЫ ОБУВИ НА КОМФОРТНОСТЬ В СТАТИКЕ И ДИНАМИКЕ

© И.В. Колчин, Н.В. Яковлева, 2026

В статье рассматривается влияние внутренней формы обуви (ВФО) на комфортность в статике и динамике с позиции взаимодействия элементов системы «стопа – колодка – внутренняя форма обуви». Обоснована необходимость комплексной оценки комфортности, включающей сопоставление параметров стопы, развертки следа колодки, субъективной оценки ощущений и биомеханических показателей движения. Предложена методика экспериментального исследования, основанная на моделировании изменения внутреннего объема обуви за счёт использования обуви смежных размеров и вкладных стелек различной толщины. Предварительные результаты подтверждают зависимость субъективного восприятия комфортности от соответствия параметров ВФО анатомическим особенностям стопы и позволяют определить направления дальнейшего сопоставления субъективных и объективных данных в рамках выпускной квалификационной работы.

Ключевые слова: комфортность обуви, стопа, обувная колодка, внутренняя форма обуви, биомеханика походки, параметры шага, реакция опоры, субъективная оценка комфортности, визуальная аналоговая шкала, плантограмма, развертка следа колодки

I.V. Kolchin, N.V. Yakovleva

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

INFLUENCE OF THE INTERNAL SHOE SHAPE ON FOOTWEAR COMFORT IN STATIC AND DYNAMIC CONDITIONS

The article examines the influence of the internal shoe shape (ISS) on footwear comfort in static and dynamic conditions from the perspective of interaction within the system “foot – last – internal shoe shape.” The necessity of a comprehensive approach to comfort assessment is substantiated, including comparison of foot parameters, the last footprint pattern, subjective perception of comfort, and biomechanical gait indicators. A methodology for experimental research is proposed, based on modeling changes in the internal volume of footwear through the use of adjacent shoe sizes and insole inserts of varying thickness. Preliminary results confirm the relationship between subjective comfort perception and the correspondence of internal shoe shape parameters to anatomical characteristics of the foot, and define directions for further comparison of subjective and objective data within the framework of the final qualification thesis.

Keywords: footwear comfort, foot, shoe last, internal shoe shape, gait biomechanics, gait parameters, ground reaction force, subjective comfort assessment, visual analogue scale, plantar print, last footprint pattern

Комфортность обуви является одним из ключевых факторов, определяющих её потребительские свойства и влияние на состояние опорно-двигательного аппарата человека. Анализ научно-технической литературы позволяет сделать заключение, что комфортность обуви – сложный комплексный показатель, оценка которого в исследованиях проводится по отдельным аспектам, которые являются составляющими обобщающего показателя и раскрывают проблему локально [1]. Особое внимание уделяется готовым обувным изделиям, в то время как связь между параметрами стопы, формой колодки и внутренней формой обуви остаётся недостаточно изученной. С точки зрения проектирования и производства обуви по классической технологии формования на колодке с последующим прикреплением деталей низа, представляет интерес выделение аспектов комфортности обуви, на которые можно воздействовать в процессе проектирования колодки, подошвы, моделей обуви с целью получения максимально комфортной обуви.

В ходе исследовательской работы выделены основные аспекты комфортности обуви, включающие анатомическое соответствие формы и размеров стопы параметрам колодки по критериям впрорности, соответствие эргономическим показателям и др. свойства. Обувь, как результат производства

на колодке, должна обладать достаточной площадью опорной поверхности для сохранения равновесия тела в статике и динамике, конструктивное решение верха и низа обуви должно обеспечивать баланс мышц стопы и голени (сгибателей и разгибателей), поддерживать нормальное функционирование стопы при оптимизации энергозатрат на передвижение, обувь не должна вызывать напряжение мышц и усталость после её использования [1]. Не последнюю роль в оценке комфортности обуви играет субъективное восприятие индивидуума при её примерке и в процессе использования.

Внутренняя форма обуви (ВФО), формируемая в процессе изготовления обуви на колодке, является ключевым элементом, определяющим характер взаимодействия стопы с обувью. Именно через ВФО реализуется передача нагрузок, распределение давления и формирование условий функционирования стопы как в статике, так и в динамике. Она формируется на основе параметров колодки и изменяется в процессе изготовления обуви, а также в условиях хранения и эксплуатации.

Анатомическое соответствие ВФО параметрам стопы является основным условием комфортности. Однако стопа человека представляет собой динамическую структуру, параметры которой изменяются под действием нагрузки. В процессе ходьбы изменяются длина, ширина и высота сводов стопы, что требует учёта этих изменений при проектировании колодки – основы внутреннего пространства обуви.

Несоответствие ВФО параметрам стопы приводит к возникновению локальных перегрузок, повышенному давлению на отдельные участки и как следствие, нарушению биомеханики движения. Это проявляется в изменении углов в суставах, увеличении мышечного напряжения и возникновении субъективного дискомфорта.

Особую роль играет соответствие формы следа колодки плантарной поверхности стопы. Несоответствующий стопе след приводит к неравномерному распределению нагрузки, снижению устойчивости, в ряде случаев нависанию верха над подошвой и др. факторам.

ВФО следует рассматривать как характеристику, обеспечивающую условия функционирования стопы в обуви как в статике, так и в динамике. Таким образом, возникает необходимость в рассмотрении комфортности обуви как результата взаимодействия элементов системы «стопа – колодка – внутренняя форма обуви – стопа», а также в исследовании влияния изменения параметров ВФО на биомеханику движения и субъективное восприятие комфорта конкретным потребителем.

Целью настоящей работы является исследование влияния внутренней формы обуви на комфортность в статике и динамике.

В работе рассматриваются следующие факторы:

- взаимосвязь параметров стопы и развертки следа колодки, обеспечивающей комфортное размещение стопы по плантарной поверхности;
- влияние изменения внутреннего объёма обуви на биомеханику движения;
- установка связи между субъективной оценкой комфорта и объективными показателями биомеханики движения человека в обуви с меняющихся параметрах ВФО.

Нормальная походка человека представляет собой ритмичное, повторяющееся движение, основанное на слаженной работе обеих нижних конечностей. В биомеханическом анализе походка рассматривается в виде последовательности шагов, в котором цикл шага определяется как интервал между парой одинаковых событий, как правило на одной и той же ноге, от момента касания пяткой опорной поверхности до следующего касания пяткой этой же ноги. Этот принцип позволяет описать схему движения и точно измерять ее параметры [2], [3].

На рисунке 1 представлена структура цикла шага человека, разделенная на фазы. Фаза опоры занимает около 60% всего цикла и начинается с момента контакта пятки с опорной поверхностью, а заканчивается в момент отрыва носка этой же ноги. Фаза переноса занимает около 40% и продолжается до момента контакта ногой опорной поверхности.

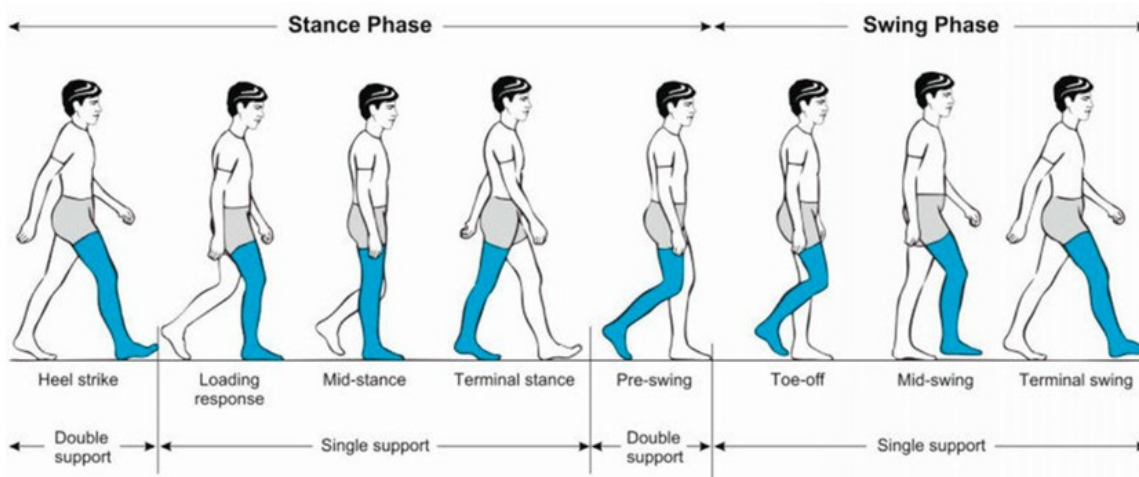


Рис. 1. Схема фазовой структуры цикла шага человека

Для количественного описания нормальной походки человека в биомеханике используют несколько параметров шага, такие как: частота, длина, ширина. Средняя длина двойного шага у взрослого человека составляет около 1,4 м, частота шагов – 110–120 шагов в минуту. Указанные параметры обеспечивают энергетически оптимальный режим движения [4].

В процессе движения происходят закономерные изменения положения суставов нижней конечности. В начале цикла происходит контакт пятки с поверхностью, при котором бедро находится в положении сгибания, колено почти выпрямлено, а голеностопный сустав близок к нейтральному положению. В период нагружения стопа полностью устанавливается на поверхность, колено сгибается для амортизации удара, после чего тело перемещается вперёд над опорной ногой. В конце фазы опоры происходит отрыв пятки и перенос нагрузки на передний отдел стопы, что сопровождается активной работой мышц, обеспечивающих толчок и продвижение тела вперёд [3].

Координация суставов нижней конечности обеспечивается согласованной работой мышц. Различные группы мышц активируются на определённых этапах шага, обеспечивая устойчивость, амортизацию нагрузки и продвижение тела вперёд. Нарушение согласованности работы мышц может приводить к увеличению энергозатрат и снижению комфортности движения [6].

Кинетическая структура походки характеризуется двухпиковой формой вертикальной реакции опоры, изображенной на рисунке 2. Первый пик соответствует фазе нагружения стопы, второй – фазе отталкивания. Между пиками наблюдается снижение силы, отражающее перераспределение массы тела в процессе движения. Такой профиль считается типичным для нормальной походки и используется в качестве ориентира при анализе изменений биомеханики движения [7].

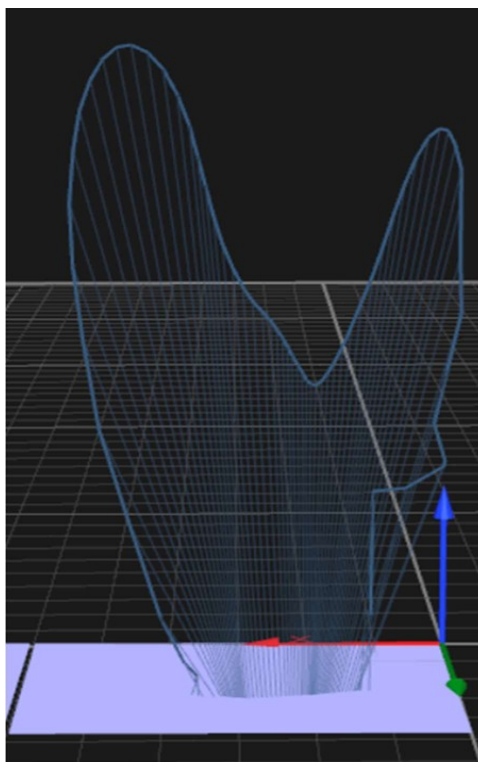


Рис. 2. Профиль формы вертикальной реакции опоры

Изменение условий взаимодействия стопы с опорной поверхностью, в том числе за счёт изменения внутренней формы обуви, может приводить к перераспределению давления между отделами стопы, изменению пространственно-временных параметров шага и увеличению мышечного напряжения. Изменения отражаются как на объективных биомеханических показателях движения, так и на субъективном восприятии комфортности.

Наряду с объективными биомеханическими показателями важное значение имеет субъективная оценка комфортности обуви, отражающая индивидуальное восприятие условий взаимодействия стопы с внутренней формой обуви. Даже при близких значениях кинематических и кинетических параметров движения ощущения пользователя могут различаться в зависимости от анатомических особенностей стопы, уровня адаптации к обуви и индивидуальной чувствительности к локальным давлениям.

Субъективную оценку комфортности следует получать, используя стандартизированные методы опроса. В качестве такого инструмента может использоваться визуальная аналоговая шкала (VAS), широко применяемая в исследованиях, направленных на анализ восприятия ощущений. Использование шкалы позволяет перевести индивидуальные ощущения человека в числовые значения и в дальнейшем сопоставить их с биомеханическими данными.

Сравнение субъективной оценки с биомеханическими показателями позволяет проследить как изменение внутренней формы обуви отражается на ощущении комфорта и выявить диапазоны параметров ВФО обеспечивающие наиболее благоприятные условия функционирования стопы в статических и динамических нагрузках.

Учет взаимосвязи параметров элементов системы «стопа - колодка – ВФО» расширяет возможности разработки конструктивных решений, направленных на повышение комфортности обувных изделий. Также перспективным является использование биомеханического исследования движения в вопросах фиксирования соответствия параметров стопы форме и размерам колодки, на которой она изготавливается. В экспериментальной части особый интерес представляет установление для каждого испытуемого, обладающего персональными особенностями строения стопы и варьируемыми размерными характеристиками, соответствия с ВФО, обеспечивающей наилучшие характеристики пребывания стопы в обуви и походки, т.е. как в статике, так и в динамике.

В связи с этим возникает необходимость в разработке методики экспериментального исследования, позволяющей изучить влияние изменяющейся внутренней формы обуви (ВФО) на комфортность обуви в статике и динамике путём моделирования изменения внутреннего объёма за счёт использования обуви смежных размеров и вкладных элементов различной толщины.

В основе исследования лежит сопоставление характеристик и параметров стопы испытуемого с параметрами базовых обувных колодок определённого размера (постоянной полноты) на основе

критериев впорности. Получаемые аналитические заключения в дальнейшем дополняются данными анализа показателей походки в обуви, изготовленной на базовых колодках. В экспериментах фиксируются все показатели биомеханики движения как отклик на изменения условий взаимодействия стопы и внутреннего пространства обуви при варьировании геометрических параметров ВФО по длине и обхвату в пучковой зоне.

В гипотезу исследования заложено предположение о том, что изменение параметров внутренней формы обуви влияет на характер взаимодействия стопы с опорной поверхностью, что в свою очередь будет отражено как на биомеханике шага, так и на субъективном восприятии удобства обувного изделия. Изменение внутриобувного пространства может сопровождаться изменением стабильности и перераспределением давления между отделами стопы. Предполагается, что при увеличении объема ВФО, возможно снижение фиксации стопы и её устойчивости, тогда как уменьшение объема может вызывать локальное давление и ограничивать естественную подвижность стопы в движении.

В эксперименте приняли участие 6 испытуемых мужского пола в возрасте от 20 до 25 лет без выявленных патологий опорно-двигательного аппарата. При формировании группы испытуемых учитывалось соответствие размеров стоп, близких к длине 41, 42 размеров, что позволяло обеспечить сопоставимость условий размещения стопы во внутреннем пространстве экспериментальной обуви. Длины стоп испытуемых варьировались от 262 мм до 268 мм, охватные параметры в сечении 0,72/0,68 изменялись от 241 мм до 250 мм.

Объектом исследования является комфортность обуви в статике и динамике при изменении параметров внутренней формы обуви (ВФО).

Предметом исследования – экспериментальная модель обуви, изготовленная на базовых колодках и предназначенная для лабораторного биомеханического анализа, паспорт модели представлен в таблице 1.

Таблица. 1. Паспорт модели экспериментальной обуви

Конструктивно-технологические признаки	Характеристика модели
1. Эскиз модели	
2. Вид изделия	Полуботинки
3. Половозрастная группа	Мужская, 9
4. Назначение и сезон	Для экспериментальных исследований
5. Система измерения	Метрическая
6. Размер и полнота	42 (270, 4)
7. Материал верха	Кожа из по ГОСТ 1838–91
8. Материал низа	ТПУ (сборные элементы)
9. Метод крепления подошвы	Клеевой
10. Конструкция заготовки верха обуви	С настрочными берцами, открытой шнуровкой
11. Высота приподнятости пяточной части, мм	15 - низкая
12. Категория сложности заготовки	2
13. Декорирование заготовки	Декоративные строчки
14. Применяемая фурнитура	Блочка (24 шт), d 3
15. Вспомогательные материалы	Шнурки 100 мм

Обувь, использованная в эксперименте, была изготовлена на модели колодки в разных размерах: 40, 41, 42, 43. При этом учитывалось, что при переходе к смежным размерам длина следа колодки изменяется на 6,67 мм и её охватные характеристики на 4 мм. Моделирование ситуаций для статических и динамических нагрузок проводилось за счет изменения размеров ВФО по длине и охватным параметрам. В качестве объекта, изменяющего параметры ВФО, использовались вкладные стельки, изготовленные из материала EVA толщиной 2 мм и 4 мм.

Перед началом эксперимента проводился контактный и бесконтактный обмер стопы. Контактный обмер выполнялся с использованием устройства *PodoPrint*, позволяющего получить

отпечаток и абрис плантарной поверхности стопы (плантограмму). Дополнительно измерялись обхватные параметры стопы с использованием измерительной ленты, включая обхват в пучковой зоне и обхват по косому проходу стопы.

На основе полученной плантограммы и обхвата стопы в пучковой части по сечению, приближенному по положению к сечению колодки, определяющему её полноту, строился шаблон развертки следа «оптимальной» для стопы колодки, который сопоставлялся с шаблонами разверток следа колодок обозначенных размеров, участвующих в эксперименте. Такое сопоставление позволяло предварительно оценить степень соответствия геометрии внутренней формы (по плантарной поверхности) обуви параметрам стопы и сформировать предположение о потенциально наиболее комфортном варианте размещения стопы во внутреннем пространстве обуви. Пример сопоставления шаблонов представлен на рисунке 3, где красной сплошной линией изображена «оптимальная» развертка следа колодки, а пунктирными линиями голубого, синего и красного цвета развертки следа базовой колодки, соответственно размеров 40, 41, 42, 43.

В соответствии с 3-м критерием впорности, проверялось соответствие положения выпуклостей пучковой части стопы и колодки. Положение контрольных поперечных сечений наружного и внутреннего пучка и середины мякоти большого пальца для конкретного испытуемого обозначено на рисунке зелеными линиями.

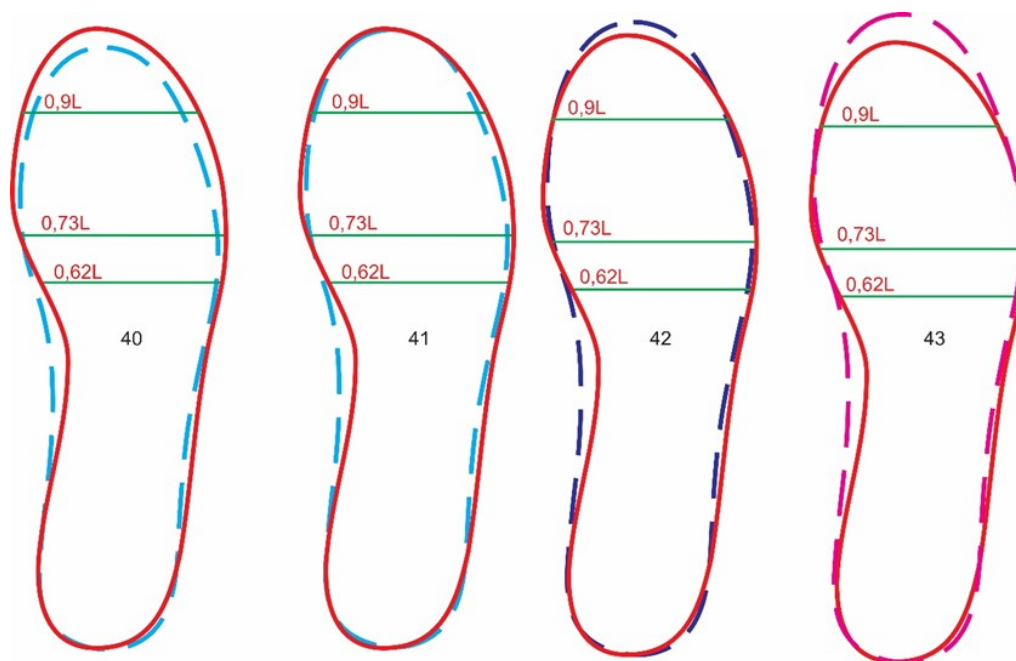


Рис. 3. Шаблон «оптимальной» развертки следа испытуемого в сопоставлении с шаблонами разверток следа колодок разных размеров

Сопоставление геометрических параметров стопы испытуемого с параметрами разверток следов колодок показало, что положение анатомических точек пучковой зоны колодки оказывает значительное влияние на предполагаемый уровень комфортности обуви. На основании совмещенных размеров и формы стопы испытуемых и параметров колодок смежных размеров были сделаны предположения о наиболее благоприятном варианте внутренней формы обуви для конкретного испытуемого.

После предварительной оценки геометрического соответствия, была проведена экспериментальная проверка комфортности обуви с использованием субъективных и объективных методов исследования. Испытуемым последовательно предлагались образцы обуви без обозначений, позволяющих определить их размер, что позволяло снизить влияние на субъективное восприятие ощущений.

Сначала испытуемый выполнял примерку обуви в положении стоя, после чего заполнял анкету субъективной оценки комфортности, разработанную для данного исследования и представленную на рисунке 4. Далее выполнялась серия из трёх проходов с естественной скоростью по ровной поверхности. После выполнения проходов испытуемый повторно заполнял опросник. Затем выполнялась дополнительная серия из трёх проходов, после чего снова фиксировалась субъективная оценка ощущений.

Испытуемый № ____

1 Как вы оцениваете общий комфорт обуви?

Очень комфортно Не комфортно

2 Как вы оцениваете длину обуви?

Очень комфортно Не комфортно

3 Как вы оцениваете ширину передней части обуви в области плюсневых суставов?

Очень комфортно Не комфортно

4 Как вы оцениваете комфорт обуви в области высоты свода стопы?

Очень комфортно Не комфортно

5 Как вы оцениваете удобство пятки при размещении на следе?

Очень комфортно Не комфортно

Рис. 4. Форма опросника

Регистрация параметров движения осуществлялась методом видеоанализа с использованием маркерной модели. Маркеры размещались на поверхности обуви в соответствии с анатомическими ориентирами, что позволяло фиксировать перемещения сегментов стопы и голени в процессе ходьбы.

Субъективные данные, полученные в ходе опроса, подтвердили наличие связи между восприятием комфортности и соответствием внутренней формы обуви анатомическим параметрам стопы. При недостаточном внутреннем объёме отмечалось возникновение давления и ощущение стеснения, преимущественно в пучковой зоне. При избыточном внутреннем объёме наблюдалось снижение стабильности положения стопы в обуви и ухудшение фиксации пятки.

По результатам субъективной оценки наиболее благоприятными конфигурациями для испытуемых оказались: 42 размер экспериментальной обуви при использовании вкладной стельки толщиной 2 мм, 41 размер без стелек и 43 размер с использованием стельки толщиной 2 мм, обеспечивающие наиболее оптимальное восприятие длины, ширины и высоты свода стопы. Разброс в субъективной оценке комфортности испытательной обуви для испытуемых оказался прогнозируемым, так как диапазон варьирования параметров стоп по объёму в пучках превышал диапазон варьирования по длине, соответственно 9 мм и 6 мм.

Полученные результаты носят предварительный характер и позволяют предположить наличие зависимости между формой и размерами стопы и параметрами внутренней формы обуви, а также субъективной оценкой комфортности. На следующем этапе планируется сопоставление субъективных данных с результатами биомеханического анализа движения, включающего регистрацию параметров кинематики шага и реакции опоры.

Таким образом, проведённый эксперимент позволил сформировать предпосылки для комплексной оценки влияния внутренней формы обуви на комфортность. Окончательная обработка и интерпретация полученных данных будет выполнена в рамках выпускной квалификационной работы, где будет произведено сопоставление субъективной оценки комфортности, результатов анализа сопоставления параметров элементов цепи «стопа– колодка – ВФО – стопа» и показателей биомеханики движения.

Практическая значимость работы заключается в получении объективных данных о комфортности обуви при определенном соотношении параметров ВФО и стопы, использовании полученных результатов при проектировании колодок и комфортной обуви, а также при разработке рекомендаций подбора обуви с учётом индивидуальных особенностей стопы.

Список литературы

1. Колчин И. В., Яковлева Н. В. Аспекты комфортности обуви // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2024. Т. 69. № 5. С. 134–139.
2. Whittle M. W. Gait analysis: an introduction. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1991. 230 p.
3. Perry J., Burnfield J. M. Gait analysis: normal and pathological function. Thorofare: Slack Inc., 2010. 551 p.
4. Pirker W., Katzenschlager R. Gait disorders in adults and the elderly: a clinical guide. Wiener Klinische Wochenschrift, 2017, vol. 129, pp. 81–95.
5. Скворцов Д. В. Клинический анализ движений: анализ походки. Иваново: НПЦ «Стимул», 1996. 344 с.
6. Winter D. A. Biomechanics and motor control of human movement. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009. 383 p.
7. Kirtley C. Clinical gait analysis: theory and practice. Edinburgh: Elsevier / Churchill Livingstone, 2006. 309 p.

References

1. Kolchin I. V., Yakovleva N. V. Aspekty komfortnosti obuvi. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya legkoi promyshlennosti, 2024, vol. 69, no. 5, pp. 134–139.
2. Whittle M. W. Gait analysis: an introduction. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1991. 230 p.
3. Perry J., Burnfield J. M. Gait analysis: normal and pathological function. Thorofare: Slack Inc., 2010. 551 p.
4. Pirker W., Katzenschlager R. Gait disorders in adults and the elderly: a clinical guide. Wiener Klinische Wochenschrift, 2017, vol. 129, pp. 81–95.
5. Skvortsov D. V. Klinicheskii analiz dvizhenii: analiz pokhodki. Ivanovo: NPTs «Stimul», 1996. 344 p.
6. Winter D. A. Biomechanics and motor control of human movement. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009. 383 p.
7. Kirtley C. Clinical gait analysis: theory and practice. Edinburgh: Elsevier / Churchill Livingstone, 2006. 309 p.

УДК 685.31

В.С. Никитина, Л.Г. Семенова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОТЫ КАБЛУКА НА БОМЕХАНИКУ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

© В.С. Никитина, Л.Г. Семенова, 2026

В статье представлен анализ обуви на каблуках. Рассмотрена история возникновения и распространения каблуков, а также введение их в массовое производство. В работе поднимается проблема влияния высоты приподнятости пяточной части колодки на здоровье человека. Для выявления и нахождения ключевых факторов воздействия высококаблучной обуви на нижние конечности женщин, необходимо провести исследование, первым этапом которого является анкетирование. Полученные данные – основа для разработки экспериментальной обуви, необходимой для второго этапа – биомеханического анализа.

Ключевые слова: каблук, обувь, биомеханика стопы, высота каблука, нагрузка, приподнятость пяточной части, колодка, исследование, анализ.

V.S. Nikitina, L.G. Semenova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

STUDY OF THE EFFECT OF HEEL HEIGHT ON HUMAN MOVEMENT BIOMECHANICS

The article presents an analysis of high-heeled shoes. The history of the emergence and spread of heels, as well as their introduction into mass production, is considered. The work raises the problem of the influence of the height of the heel part of the shoe on human health. To identify and find the key factors of the impact of high-heeled shoes on the lower limbs of women, it is necessary to conduct a study, the first stage of which is a questionnaire. The data obtained is the basis for the development of experimental shoes necessary for the second stage - biomechanical analysis.

Keywords: heel, shoes, biomechanics of the foot, heel height, load, heel elevation, last, research, analysis.

Каблук – один из самых обсуждаемых элементов женской обуви, не только с точки зрения моды и стиля, но и здоровья человека. В настоящее время существует большое количество каблуков различной формы и высоты, которые притягивают взгляд и заставляют задуматься: насколько такая обувь будет комфортной и безопасной для человека? Парадоксальность каблука как культурного феномена проявляется в сочетании его визуальных преимуществ с потенциальными ортопедическими рисками.

Раннее упоминание о каблуке, как элемента обуви, сочетающего в себе практические и военные предпосылки, встречается в древние времена. Первые документальные свидетельства относятся к XVI в. и указывают на его применение в контекстах демонстрации статуса или там, где требовалась повышенная устойчивость [1]. В источниках того периода подчёркивается его двойственная природа как утилитарного и символического предмета, особенно среди мужчин (рис.1).



Рис.1. Обувь на каблуках для мужчин

В XVII–XIX вв. форма и функция каблука претерпели заметные изменения, переходя от утилитарных решений к более выраженным эстетическим формам. В этот период каблук стал элементом моды, используемым представителями разных социальных слоёв для подчеркивания статуса и соответствия модным канонам. Трансформация сопровождалась изменением конструктивных решений и расширением социального употребления каблука.

В XX–XXI вв. наблюдалась стандартизация размеров и форм каблучков, обеспечиваемая развитием промышленных методов производства. Технологические инновации позволили внедрять новые материалы и методы сборки, что способствовало унификации и массовому распространению обуви на каблучке. Коммерциализация превратила каблук в товар широкого потребления и стимулировала развитие специализированных сегментов рынка. Одновременно с техническими изменениями поменялись гендерные и культурные значения каблука: он перестал быть исключительно символом статуса и вошёл в практику массовой женской моды [2].

Чем же обувь на каблучке так приглянулась потребительницам?

Каблук изменяет визуальную композицию тела за счёт смещения центра масс и удлинения линии нижних конечностей. Приподнятая пяточная часть создаёт иллюзию большей длины голени и стопы, что влияет на восприятие пропорций в статике и при движении. Одновременно компенсаторные механизмы осанки включают увеличение лордоза поясничного отдела и перераспределение нагрузок на передний отдел стопы, что с эстетической точки подкрепляет вертикальную линию корпуса. Изменения походки, включая укорочение шага и повышение амплитуды движений в тазобедренном суставе, также формируют характерный силуэт, воспринимаемый как эстетически привлекательный.

Однако, длительное ношение обуви на каблучке приводит к локальным изменениям стопы, в том числе деформациям пальцев, образованию бурситов и нарушениям свода стопы. Механизмы формирования этих нарушений включают перераспределение давления в передний отдел стопы, ограничение подвижности пальцев и повышенное трение в зонах контакта, что способствует развитию вальгусных деформаций и воспалительных процессов (рис.2), что влияет крайне негативно на здоровье человека.

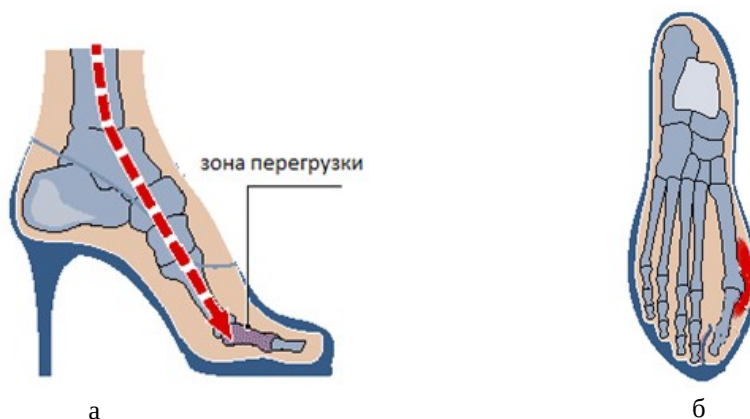


Рис.2. Изменения стопы при увеличении высоты каблука:
а – смещение области давления; б – деформация пальцев

Ношение каблучков вызывает перераспределение нагрузок на голеностопный сустав, колено, бедро и позвоночник, что приводит к изменению биомеханики опорно-двигательного аппарата. Изменённое положение тела, в том числе стопы, и сдвиг векторов силы вынуждают опорно-двигательную систему компенсировать нагрузку, что в долгосрочной перспективе может способствовать возникновению болевого синдрома и физиологических изменений в суставах [4].

Для выявления и нахождения ключевых факторов воздействия высококаблучной обуви на нижние конечности женщин, было проведено исследование, состоящее из двух этапов: анкетирование и биомеханический анализ походки в спроектированной обуви. В данном исследовании приподнятость пяточной части колодки выступает ключевым параметром оценки высоты каблука.

Биомеханические эффекты и ортопедический риск зависят от высоты и формы каблука. Повышение высоты смещает точку приложения реакции опоры вперед, увеличивает нагрузку на передний отдел стопы и усиливает подошвенное сгибание стопы, что изменяет кинематику голеностопного сустава. Увеличение угла подошвенного сгибания сопровождается перераспределением нагрузок на сухожилия, мышцы и передние отделы стопы. Форма каблука определяет устойчивость и распределение нагрузки: шпилька концентрирует воздействие на небольшую площадь и снижает поперечную устойчивость, что повышает риск падения и вывиха стопы, тогда как широкий каблук типа «столбик» или танкетка

увеличивают опорную площадь и уменьшают боковые смещения, делая обувь более комфортной и устойчивой.

Исследование биомеханики стопы в контексте ношения обуви на каблуке должно учитывать не только физические аспекты, но и психологические. Для многих женщин эстетика и социальные нормы играют значительную роль в выборе обуви. Это создает конфликт между желанием выглядеть привлекательно и необходимостью заботиться о здоровье.

Этап анкетирования проведен с целью обозначения основных конструктивных параметров обуви для исследования, выявления проблем, с которыми сталкиваются потребительницы, и нахождением оптимальной высоты каблука женской повседневной обуви массового производства.

В анкетировании приняли участие 50 женщин различного возраста. Им было предложено ответить на ряд вопросов (табл. 1).

Таблица 1. Вопросы для прохождения анкетирования

Формулировка вопроса	Варианты ответов
Ваш возраст?	– 18–25; – 26–35; – 36–45; – более 45 лет.
На какие потребительские свойства вы обращаете внимание при подборе обуви?	– комфорт и удобство; – высота каблука; – форма каблука; – соответствие моде; – используемые материалы верха; – актуальный дизайн; – цена; – вес обуви.
Какую высоту каблука повседневной обуви Вы предпочитаете?	– низкую – 5–25 мм; – среднюю – 30–45 мм; – высокую – 50–70 мм; – особо высокую – более 70 мм.
Носите ли Вы высококаблучную обувь и как часто?	– «поле для ввода своего ответа»
Сталкиваетесь ли Вы с болевыми ощущениями во время носки обуви на высоком каблуке?	– да; – нет.
Какую форму каблука Вы предпочитаете?	– столбик; – рюмочка; – шпилька; – танкетка; – клиновидный.

По результатам опроса, были получены следующие данные:

– 40% опрошенных составили девушки возрастом от 18 до 25 лет, 28% – 26–35 лет, 22% – 36–45 лет, 10% – более 45 лет (рис. 3);

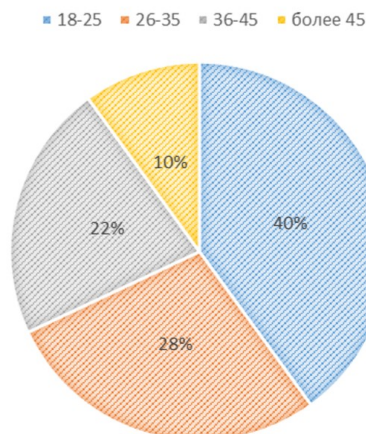


Рис. 3. Результаты опроса. Возраст опрошенных

– наиболее значимыми потребительскими свойствами для женщин являются: комфорт и удобство, высота каблука, используемые материалы, актуальный дизайн (рис. 4);

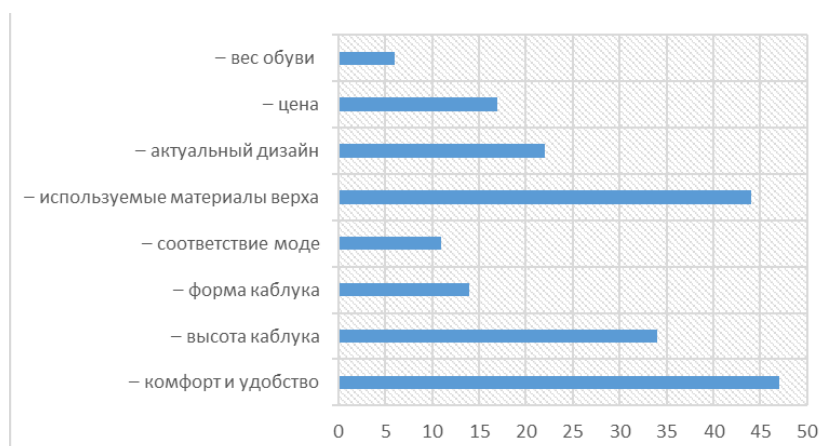


Рис. 4. Результаты опроса. Потребительские свойства

– при выборе высоты каблука повседневной обуви большее количество респондентов склоняются к низкокаблучной обуви (5–25 мм) или средней высоте каблука (30–45 мм) (рис. 5);

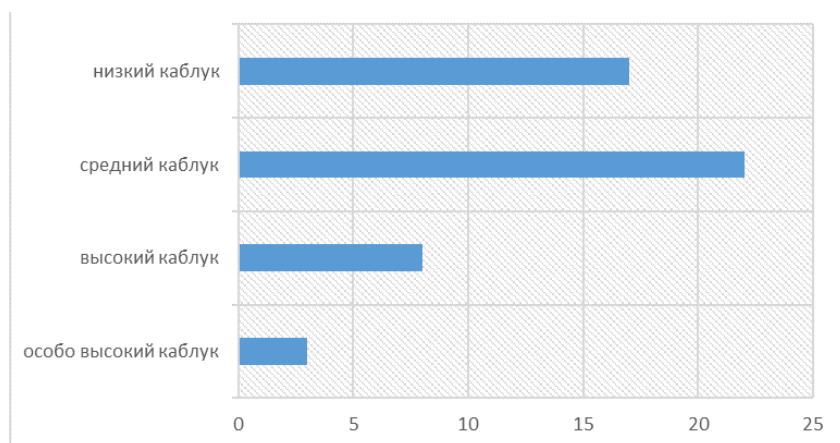


Рис. 5. Результаты опроса. Предпочитаемая высота каблука в повседневной обуви

– 38% потребительниц используют высококаблучную обувь часто. 19% – не используют ее совсем. Причем основная высота каблука в данном случае – 50–60 мм;

– практически все опрошенные ответили, что испытывают болевые ощущения во время долгой носки обуви на высоком каблуке (рис. 6);

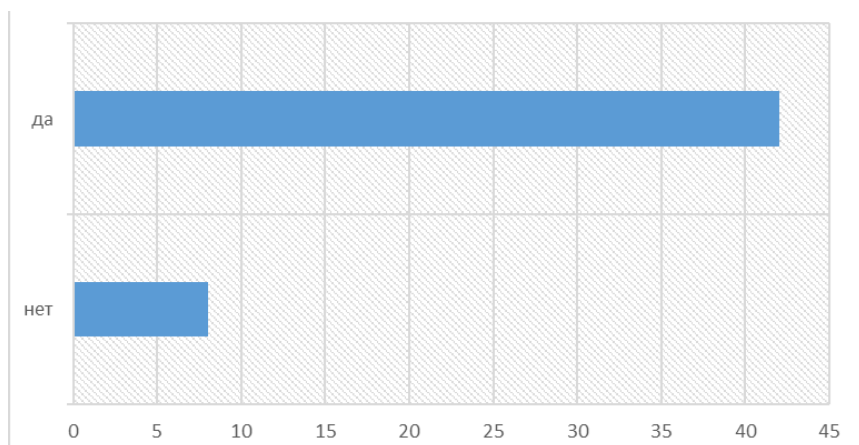


Рис. 6. Вопрос о болевых ощущениях: есть или нет

– наиболее популярные формы каблука: каблук-рюмочка и каблук типа «столбик» (рис. 7).

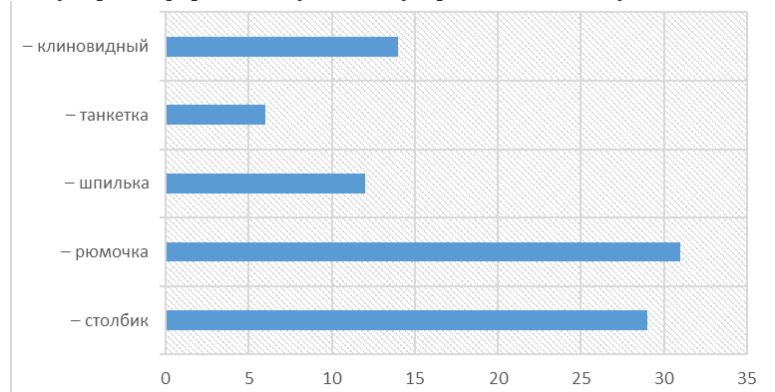


Рис. 7. Результаты опроса. Форма каблука

Таким образом, по результатам анкетирования и литературного обзора, было принято решение использовать в исследовании каблуки типа «столбик» разной высоты: низкий – 10 мм, средний – 30 мм, высокий – 60 мм и особо высокий – 90 мм.

Для биомеханического анализа стопы женская обувь должна соответствовать определённым требованиям, которые обеспечивают точность измерений и не искажают естественные биомеханические процессы при ходьбе. Основная цель исследования – получить объективные данные о распределении нагрузки, движении суставов и работе мышц стопы (рис. 8).



1

Рис. 8. Параметры исследования

Несмотря на то, что исследование проводится в рамках лаборатории, опытный образец необходимо сделать наиболее приближенным к обуви, которую мы используем в повседневной жизни. Таким образом, полученные данные будут максимально приближены к реальным условиям эксплуатации.

Для проведения биомеханического анализа необходимо установить маркеры на стопу. Маркеры устанавливаются с целью точного отслеживания пространственного положения и движений сегментов стопы в динамике. Они служат «точками отсчёта» для систем видеозахвата.

Маркеры предпочтительнее устанавливать на голую ногу, чем на конструкцию обуви, по причинам, связанным с точностью получаемых данных и пониманием биомеханики стопы. Таким образом, при выборе конструкции необходимо учесть степень открытости верха обуви.

Стопа в обуви должна хорошо фиксироваться. Отсутствие поддержки может привести к травмированию потребителя, а также к некорректным данным о движении стопы, особенно в обуви на высоком каблуке.

Таким образом, можно сделать вывод, что женская обувь для исследования должна обладать следующими характеристиками:

- модель обуви должна быть приближена к повседневной обуви во избежание эффекта непривычности обуви (некомфортной обуви), что важно для дальнейшего использования результатов эксперимента при разработке обуви для массового производства;

- иметь достаточную степень открытости для установки маркеров при проведении исследования, но при этом должна хорошо фиксироваться стопу во время ходьбы;

- конструкция обуви должна быть простой, с минимальным количеством деталей, поскольку необходимо повторить ее в точности на колодках с разной приподнятостью пяточной части.

Оптимальным выбором для проведения исследования являются туфли-лодочки, которые, благодаря своей конструкции, позволяют установить маркеры и провести исследования по изучению влияния высоты каблука на биомеханику стопы.

По результатам полученных графиков в ходе исследования выбран оптимальный (безопасный) вариант высоты каблука.

Также сделаны выводы на основе визуального восприятия:

- с увеличением высоты каблука длина шага уменьшается, увеличивается его частота;

- при увеличении высоты каблука амплитуда движения таза становится больше, таз смещается вперед, увеличивается угол сгибания/разгибания коленного и тазобедренного суставов;

- с увеличением высоты каблука снижается устойчивость – сложнее сохранить равновесие;

- при увеличении высоты каблука нога смещается вперед (в носочную часть), что уменьшает площадь контакта стопы со стелькой;

- визуально прослеживалось напряжение икроножной мышцы, особенно при особо высокой приподнятости пяточной части (высота каблука – 90 мм);

- в обуви с низкой приподнятостью (высота каблука – 10 мм) замечается резкое опускание ноги, происходит удар всей плантарной поверхностью стопы, что может отрицательно сказываться на суставах и мышцах.

Список литературы

1. Блог о моде. История обуви на каблуке от средневековья до наших дней. URL: <https://www.air-fashion.com> (дата обращения: 08.02.2026)
2. Крот Г.В. Мода как проявление культуры общества // Технология. всё для учителя. 2013. №4. С. 29-32.
3. Д. Эрлз Стопа. Самое полное пособие по ортопедии. М.: МЕДПРОФ, 2023. 271 с.
4. Бубновский С.М. Здоровье через стопы. — Москва: Эксмо, 2023. 192 с.

References

1. Blog o mode. Istoriya obuvi na kabluka ot srednevekov'ya do nashih dnei. URL: <https://www.air-fashion.com> (data accessed: 08.02.2026)
2. Krot G.V. Moda kak proyavlenie kul'tury obshchestva // Tehnologiya. vsyo dlya uchitelya. 2013. №4. S. 29-32.
3. D. Ehrlz Stopa. Samoe polnoe posobie po ortopedii. M.: MEDPROF, 2023. 271 s.
4. Bubnovskij S.M. Zdorov'e cherez stopy. — Moskva: Ehksmo, 2023. 192 s.

УДК 74.01/.09

С.И. Сухенко, Л.Г. Семенова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

НЕСТАНДАРТНЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ КОЛЛЕКЦИИ

© С.И. Сухенко, Л.Г. Семенова 2026

Статья раскрывает вопрос альтернативного подхода к проектированию коллекции, когда лучше отказаться от проверенного алгоритма в пользу нового подхода. Нестандартное мышление позволяет вывести коллекцию на новый уровень, по-новому выстраивать процесс работы, смещая акценты между «идеей—материалом—формой».

Ключевые слова: коллекция, дизайн, концепция, базовая коллекция, нестандартная коллекция, взаимосвязь, авторский подход, визуализация

S.I. Sukhenko, L.G. Semenova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

NON-STANDARD APPROACHES TO CREATING A COLLECTION

The article explores an alternative approach to collection design, which may be a better way to move away from a proven algorithm in favor of a new approach. Unconventional thinking allows you to take your collection to the next level, reshaping the workflow and shifting the focus between "idea-material-form."

Keywords: collection, design, concept, basic collection, non-standard collection, relationship, author's approach, visualization

Коллекция в дизайне одежды, обуви и аксессуарах представляет собой систему взаимосвязанных образов, объединённых общей концепцией, идеей или источником вдохновения [1]. В отличие от отдельных изделий, коллекция формируется как целостное высказывание, в котором каждый элемент дополняет и развивает общий замысел дизайнера.

Образы внутри коллекции не существуют изолированно: они находятся в диалоге друг с другом, формируя единую визуальную и смысловую структуру. Таким образом, коллекция может рассматриваться как композиция, где важны не только отдельные элементы, но и их взаимосвязь, ритм и последовательность.

Создавая новую коллекцию, дизайнер или модельер-конструктор руководствуется этапами, которые позволяют структурировать и собрать изделия в единое целое. При этом он может пойти по пути классической разработки, используя «базовый подход», или выстроить процесс авторским способом, демонстрируя «нестандартный подход».

Термин «базовый подход» к созданию коллекции употребляется в практике дизайна одежды, обуви и галантерейных изделий для обозначения коллекций, разработанных по классической схеме – от концепции к изделию в материале [1].

Термин «нестандартный подход» при разработке коллекции используется для обозначения коллекций, создаваемых с применением нетрадиционных подходов к проектированию, включающих эксперимент с формой, материалами, цветом, мыслительным процессом или концепцией. При этом последовательность может меняться.

Примеры «базового» и «нестандартного» подходов к коллекциям показаны на рисунке 1 [2].

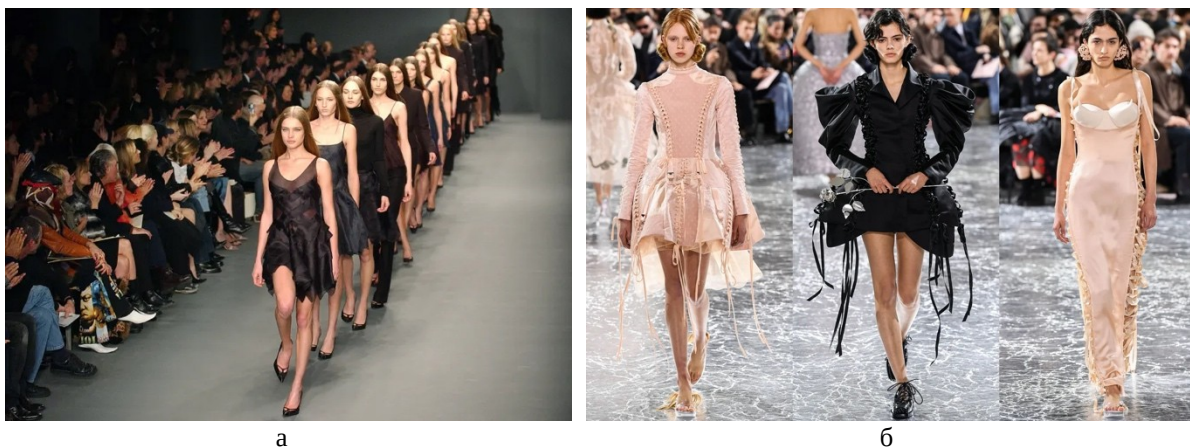


Рис.1. Пример «базового подхода» и «нестандартного подхода» к коллекции:
 а – показ от *Calvin Klein* («базовый»); б – показ от *Maison Margiela* («нестандартный»)

Отправными точками подходов к созданию коллекции могут выступать различные идеи и концепции. Однако, независимо от выбранной основы, ключевым фактором является наличие внутренней логики, которая объединяет все элементы в единую систему.

Коллекция должна выполнять несколько важных функций:

- концептуальную;
- передачу идеи, настроения или авторского высказывания через визуальные образы;
- эстетическую;
- создание целостного визуального языка, включающего форму, цвет, фактуру и композицию;
- коммуникативную;
- взаимодействие со зрителем или потребителем через образы и ассоциации;
- практическую;
- возможность дальнейшей реализации изделий – от показа до производства [3].

Несмотря на наличие устоявшихся подходов к созданию коллекций, в современной практике всё чаще возникают альтернативные, нестандартные методы проектирования. Они позволяют по-новому выстраивать процесс работы, смещая акценты между «идеей–материалом–формой» [4].

Базовые подходы к созданию коллекции. Для определения нестандартных методов создания и проектирования, необходимо проанализировать базовые подходы к созданию авторской коллекции.

Существует несколько базовых подходов, которые помогают структурировать этапы создания авторской коллекции:

- от вдохновения (*reference-based*) – мудборд, цвет, форма, текстура;
- от функций и аудитории: под определенные условия и задачу, по утвержденному техническому заданию, для определенного потребителя;
- от трендов: анализ показов и тенденций;
- от формы: сначала силуэт, конструкция, потом наполняется смыслом [5];
- от материала: сначала – поиск материал, позже – непосредственно создание коллекции.

Анализируя стандартные подходы к проектированию коллекций, выявлены – особенности, преимущества и недостатки каждого этапа. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Стандартные подходы к проектированию коллекций

Подходы	Особенности	Плюсы	Минусы
Концептуальный подход	<ul style="list-style-type: none"> - первичная концепция, - визуальные решения подчинены идее, - высокая степень символичности 	<ul style="list-style-type: none"> - формирует выразительный авторский язык, - усиливает художественную ценность проекта 	<ul style="list-style-type: none"> - возможен разрыв между идеей и реализацией, - риск избыточной абстрактности, - сложность практического воплощения
Потребительский подход	<ul style="list-style-type: none"> - анализ пользователя, - учет образа жизни, - функциональность изделий 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая востребованность, - практичность, - адаптация к реальным условиям использования 	<ul style="list-style-type: none"> - снижение уровня экспериментальности, - ограничение творческой свободы, - риск типовых решений

Таблица. 1. (окончание)

Подходы	Особенности	Плюсы	Минусы
Тренд-ориентированный подход	<ul style="list-style-type: none"> - ориентация на текущий рынок, - использование актуальных форм цветов и материалов, - адаптация трендов под конкретный бренд 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая актуальность, - коммерческая применимость, - понятность для потребителя 	<ul style="list-style-type: none"> - ограниченная оригинальность, - зависимость от внешних источников, - быстрое устаревание
Формообразующий подход	<ul style="list-style-type: none"> - работа с объемом и геометрией, - эксперимент с пропорциями, - архитектурное мышление 	<ul style="list-style-type: none"> - сильный визуальный эффект, - выразительность формы, - инновационность силуэтов 	<ul style="list-style-type: none"> - возможная утрата функциональности, - сложность в производстве, - ограниченная носибельность
Материало-ориентированный подход	<ul style="list-style-type: none"> - исследование фактуры, - работа с пластикой материала, - формообразование через материю 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая оригинальность, - тактильная выразительность, - тесная связь формы и структуры 	<ul style="list-style-type: none"> - зависимость от доступности материалов, - сложность прогнозирования результата, - возможные ограничения в масштабировании

Таким образом, каждый из базовых подходов обладает собственными преимуществами и ограничениями, определяя как творческую стратегию дизайнера, так и характер итогового продукта. Однако ни один из них не является универсальным, что открывает пространство для поиска альтернативных, более гибких методов проектирования.

Примеры концептуального, тренд-ориентированного, формообразующего подходов представлены на рисунке 2 [6].



а



б



в

Рис.2. Варианты подходов:

а – показ от *Comme des Garçons* (концептуальный подход); б – показ от *Sportmax* (тренд-ориентированный подход); в – показ от *Goom Heo* (формообразующий подход)

Нестандартные подходы к созданию коллекции. В отличие от традиционных методов проектирования, нестандартные подходы предполагают смещение отправной точки дизайна и более свободную логику формирования коллекции. Они ориентированы не только на результат, но и на сам процесс поиска формы, смысла и визуального языка [7].

Такие подходы позволяют дизайнеру и конструктору-модельеру выйти за рамки привычных схем и сформировать индивидуальный метод работы, в котором идея, материал и форма развиваются нелинейно. Нестандартные подходы, которые помогают структурировать этапы создания коллекции:

– концепция (философская): от мысли к формированию идеи и разбор по компонентам;

- от эксперимента/ процесса создания: создания материала, деконструкция или 3D моделей для реализации [4];
 - от объекта исследования: определённый объект трансформируется в детали или основную форму;
 - от истории, сюжет: «образы = персонажи» [8];
 - от чувств и эмоций: перенос состояния в цвета и формы;
 - комбинированный: включает в себя все вышеперечисленные этапы.
- Анализируя нестандартные подходы к проектированию коллекций, выявлены – особенности, преимущества и недостатки каждого этапа, сформированные в таблицу 2.

Таблица 2. Нестандартные подходы к созданию коллекций

Подходы	Особенности	Плюсы	Минусы
Концептуальный (философский) подход	<ul style="list-style-type: none"> - основан на абстрактной идее или философском понятии, - требует аналитической проработки концепта, - предполагает перевод нематериального в визуальную форму 	<ul style="list-style-type: none"> - формирует глубокое смысловое, - содержание коллекции, - обеспечивает целостность и логическую связанность образов, - способствует развитию авторского дизайнерского мышления 	<ul style="list-style-type: none"> - риск избыточной абстрактности, - сложность визуализации сложных понятий, - возможный разрыв между идеей и её материальным воплощением
Подход от эксперимента / процесса	<ul style="list-style-type: none"> - процесс проектирования строится через практический эксперимент - форма возникает в ходе работы с материалом - допускается случайность как часть метода 	<ul style="list-style-type: none"> - позволяет создавать уникальные и неожиданные решения - расширяет границы формообразования - способствует инновациям в работе с материалами и технологиями 	<ul style="list-style-type: none"> - непредсказуемость результата, - сложность повторяемости решений, - риск отсутствия целостной концепции
Подход от объекта исследования	<ul style="list-style-type: none"> - основан на анализе конкретного объекта - включает этапы декомпозиции и трансформации - ориентирован на визуальные и структурные характеристики 	<ul style="list-style-type: none"> - обеспечивает ясность визуального языка - упрощает процесс генерации форм - создаёт узнаваемую систему элементов 	<ul style="list-style-type: none"> - риск буквального копирования - ограниченность рамками выбранного объекта - возможная потеря глубины смыслового содержания
Нарративный подход (от истории)	<ul style="list-style-type: none"> - коллекция строится как последовательность образов - каждый образ связан с определённой ролью или «персонажем» - присутствует логика развития и сценарий 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая выразительность и вовлечённость зрителя - формирование целостного визуального повествования - облегчает структуру коллекции через сюжетную логику 	<ul style="list-style-type: none"> - зависимость от качества проработки сценария - риск перегруженности деталями - сложность восприятия без пояснений
Подход от чувств и эмоций	<ul style="list-style-type: none"> - основан на субъективном восприятии и эмоциональном состоянии 	<ul style="list-style-type: none"> - высокая выразительность, - свобода интерпретации, - сложность вербализации идеи 	<ul style="list-style-type: none"> - сложность вербализации идеи - неоднозначность восприятия - риск отсутствия чёткой структуры

Таблица 2. (окончание)

Подходы	Особенности	Плюсы	Минусы
---------	-------------	-------	--------

Подход от чувств и эмоций	<ul style="list-style-type: none"> - реализуется через цвет, форму и фактуру - имеет абстрактный характер 	<ul style="list-style-type: none"> - неоднозначность восприятия - риск отсутствия чёткой структуры 	
Комбинированный подход	<ul style="list-style-type: none"> - сочетает несколько методов одновременно - предполагает гибкость и вариативность процесса - адаптируется под конкретную задачу 	<ul style="list-style-type: none"> - позволяет учитывать разные аспекты проектирования - повышает глубину и многослойность коллекции - даёт возможность компенсировать слабые стороны отдельных подходов 	<ul style="list-style-type: none"> - сложность организации процесса - риск перегруженности концепции - необходимость высокого уровня подготовки дизайнера

Нестандартные подходы к созданию коллекции расширяют границы проектирования, позволяя дизайнеру выстраивать процесс работы индивидуально. В отличие от базовых методов, они не предполагают жесткой последовательности этапов и часто основаны на сочетании различных стратегий, что делает их более гибкими и адаптивными. Примеры подходов от «объекта исследования», от «эксперимента/процесса», от «чувств и эмоций» представлены на рисунке 3 [6].



Рис.3. Варианты подходов:

а – показ от *Rick Owens* (объект исследования); б – показ от *Maison Margiela* (эксперимент / процесс); в – показ от *John Galliano* (чувств и эмоции)

Анализ нестандартных подходов показывает, что каждый из них обладает значительным потенциалом для формирования выразительного и оригинального дизайнерского решения. Однако их использование осложняется рядом ограничений, связанных с отсутствием четкой структуры, сложностью реализации и необходимостью высокого уровня самостоятельной организации процесса [7].

Особенно это проявляется у дизайнеров, ориентированных на визуальное мышление и генерацию идей. В таких случаях формируется ситуация, при которой концепция обладает высоким уровнем абстракции, однако ее практическое воплощение оказывается затруднительным.

В связи с этим возникает необходимость создания структурированной системы, которая позволит использовать преимущества нестандартных подходов, минимизируя их ограничения.

Предлагаемый метод позволяет избежать разрыва между концепцией и реализацией, формируя коллекцию как целостную систему, в которой идея, материал и форма развиваются последовательно и взаимосвязано.

Предлагаемый метод основан на принципе поэтапной материализации концепта и направлен на устранение разрыва между идеей и ее реализацией.

В отличие от традиционного подхода, где процесс проектирования строится от идеи к эскизам и лишь затем к материалам, в данном случае ключевым становится углублённое исследование концепции с последующим ранним включением материальной базы и этапа экспериментального тестирования.

Таким образом, идея не просто формулируется, но проходит этап осмысления и «заземления», что позволяет изначально учитывать реальные возможности ее воплощения.

Метод включает несколько взаимосвязанных этапов, которые могут варьироваться и возвращаться друг к другу, формируя нелинейную, но логически выстроенную систему.

Метод позволяет:

- снизить риск создания нереализуемых дизайнерских решений;
- обеспечить связь между концепцией и материальным воплощением;
- упростить процесс принятия решений на этапе разработки;
- повысить целостность и проработанность коллекции.

В рамках исследования предлагается диагностический инструмент, основанный на системе последовательных вопросов, сопровождающих дизайнера на каждом этапе проектирования. Данный подход позволяет не только структурировать процесс создания коллекции, но и формирует осознанное отношение к каждому этапу, от первоначальной идеи до ее реализации. Данные сведены в таблицу 3.

Таблица 3. Диагностический инструмент: система действий и вопросов

Этап	Действие	Вопросы	Вывод
Определение исходной темы	Зафиксировать тему и направление работы	<ul style="list-style-type: none"> - Какая основная тема коллекции? - Это образ, идея или состояние? - Почему я выбираю именно её? 	Четко определенная отправная точка
Сбор визуальной и смысловой базы	Провести исследование и собрать максимум материала	<ul style="list-style-type: none"> - Какие визуальные образы уже существуют в рамках темы? - Какие из них являются типичными? - Какие формы, материалы и текстуры с ней связаны? 	Определена база
Поиск точки трансформации	Найти способ отойти от банального решения	<ul style="list-style-type: none"> - Какие элементы темы являются наиболее очевидными? - Что можно изменить: форму, контекст, материал, масштаб, функцию? - Можно ли соединить тему с другой областью (история, технология, культура, современность)? 	Найдена точка, через которую тема становится нестандартной
Формирование направления	Определить характер будущей коллекции	<ul style="list-style-type: none"> - Какое настроение должна передавать коллекция? - Какие визуальные ограничения я задаю (цвет, фактура, форма)? - От каких решений я сознательно отказываюсь? 	Сформирован чёткий визуальный вектор
Перевод идеи в реализацию	Подобрать материалы и способы реализации	<ul style="list-style-type: none"> - Какие материалы соответствуют моей идее? - Какие эффекты необходимо получить? - Какие из них доступны и реализуемы? 	Определена материальная база проекта
Экспериментальная проверка	Протестировать материалы и приёмы	<ul style="list-style-type: none"> - Какие изменения материала дают нужный эффект? - Какие техники работают лучше всего? - Какие неожиданные результаты можно использовать? 	Понимание реальных возможностей и ограничений

Таблица 3. (окончание)

Этап	Действие	Вопросы	Вывод
Осознанное эскизирование	Создать эскизы на основе проведённой работы	- Какие формы вытекают из выбранных материалов и экспериментов? - Какие решения уже проверены? - Какие элементы формируют систему коллекции?	Реалистичные и обоснованные эскизы
Сборка коллекции	Объединить образы в единую систему	- Как связаны образы между собой? - Повторяются ли ключевые элементы? - Есть ли лишние или выбивающиеся решения?	Целостная и логичная коллекция
Осмысление и формулировка идеи	формулировать итоговую концепцию	- В чём основная идея коллекции? - За счёт каких решений она раскрывается? - Как её можно объяснить зрителю?	Чётко сформулированная концепция и подача

Предложенный метод проектирования коллекции представляет собой гибкую систему, направленную на структурирование нестандартных подходов в дизайне. В отличие от линейных моделей, он не предполагает строгой последовательности этапов и допускает их вариативность в зависимости от индивидуальных особенностей дизайнера и конструктора-модельера, и выбранного подхода к проектированию.

Этапы метода могут изменяться по порядку, дополняться или частично исключаться, что позволяет адаптировать систему под конкретные задачи и условия работы. Таким образом, метод функционирует не как жёсткий алгоритм, а как инструмент, к которому дизайнер и конструктор-модельер могут обращаться выборочно – в тех моментах, которые вызывают наибольшие трудности в процессе разработки коллекции.

Особую значимость данный подход приобретает на этапах формирования идеи, ее углубления и перехода к реализации, где наиболее часто возникает разрыв между концепцией и ее материальным воплощением. Использование системы направляющих действий и вопросов позволяет снизить степень неопределенности, повысить осознанность проектирования и обеспечить более целостный результат.

Таким образом, метод может рассматриваться как основа для дальнейшего развития и адаптации, выступая не только как инструмент проектирования, но и как средство формирования индивидуального подхода к созданию коллекций.

Список литературы

1. *Simon Seivewright Fashion Design: Process, Practice and Communication.* – London: Laurence King Publishing, 2013. – 208 p.
2. *The Blueprint.* URL: <https://theblueprint.ru> (дата обращения: 26.03.2026)
3. Виктор Папанек Дизайн для реального мира. – М.: Студия Артемия Лебедева, 2018. – 384 с.
4. Бруно Мунари Дизайн как искусство. – М.: АСТ, 2015. – 224 с.
5. Хелен Джозеф-Армстронг *Patternmaking for Fashion Design.* – New York: Pearson, 2014. – 928 p.
6. *ProFashion. Fashion Network.* URL: <https://profashion.ru/events/shows/fashion-network-zapustil-prilozhenie-dlya-prosmotra-pokazov-nedel-mody/> (дата обращения: 31.03.2026)
7. Людмила Норсоян Современный дизайн одежды: теория и практика. – М.: Издательский дом, 2020. – 256 с.
8. Александр Васильев История моды. – М.: Эксмо, 2012. – 480 с.

References

1. *Simon Seivewright Fashion Design: Process, Practice and Communication.* – London: Laurence King Publishing, 2013. – 208 p.
2. *The Blueprint.* URL: <https://theblueprint.ru> (data accessed: 26.03.2026)
3. Viktor Papanek Dizajn dlya real'nogo mira. – M.: Studiia Artemiya Lebedeva, 2018. – 384 s.
4. Bruno Munari Dizajn kak iskusstvo. – M.: AST, 2015. – 224 s.
5. *Helen Joseph-Armstrong Patternmaking for Fashion Design.* – New York: Pearson, 2014. – 928 p.
6. *ProFashion. Fashion Network.* URL: <https://profashion.ru/events/shows/fashion-network-zapustil-prilozhenie-dlya-prosmotra-pokazov-nedel-mody/> (data accessed: 31.03.2026)
7. Lyudmila Norsoyan Sovremennyj dizajn odezhdy: teoriya i praktika. – M.: Izdatel'skij dom, 2020. – 256 s.

8. Aleksandr Vasil'ev Istoriya mody. – М.: Ehksmo, 2012. – 480 s.

УДК 688.35(74)

С.Н. ЧехлатаяСанкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОРСКОЙ КОЛЛЕКЦИИ СУМОК ПО МОТИВАМ СОВЕТСКОГО НАСЛЕДИЯ**

© С.Н. Чехлатая, 2026

Статья посвящена исследованию роли дизайна как инструмента преодоления исторической апатии — утраты интереса общества к культурному наследию прошлого. Автор рассматривает дизайн не только как сферу создания эстетичных и функциональных предметов, но и как платформу для трансляции исторических и культурных смыслов, способную пробуждать интерес к истории через актуальные визуальные и тактильные формы на примере обращения к эпохе СССР в современном проектировании коллекции аксессуаров.

Ключевые слова: дизайн, проектирование, коллекция сумок, эвристические методы, тенденции, СССР, стилизация.

S.N. ChehlataiaSaint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18**DESIGNING AN AUTHOR'S COLLECTION OF BAGS BASED ON THE SOVIET HERITAGE**

The article explores the role of design as a tool for overcoming historical apathy, the loss of public interest in the cultural heritage of the past. The author views design not only as a field for creating aesthetically pleasing and functional objects, but also as a platform for conveying historical and cultural messages, capable of sparking interest in history through relevant visual and tactile forms, as exemplified by the use of Soviet-era designs in contemporary accessory collections.

Keywords: design, design thinking, accessory collection, heuristic methods, trends, Soviet Union, stylization.

Данное исследование направлено на выявление основных черт дизайнерского проектирования для использования их на практике. Этот вопрос актуален, поскольку человечество с самого своего зарождения преобразовывает среду вокруг себя, создавая новые предметы для своего пользования.

Дизайн сегодня направлен на решение и осмысление проблем человека и общества в условиях постиндустриальных потрясений, ускоряемых цифровизацией, глобализацией и климатическими рисками. Он предлагает новые профессиональные концепции, основанные на пересмотре базовых принципов и синтезе противоположных, а иногда взаимоисключающих ценностей — индивидуальных и общественных, личных и коллективных, технологических и этических. Большинство современных концепций гуманистичны как по намерениям, так и по стремлениям к устойчивому благосостоянию и активному участию граждан. Влияния на дизайн-концепции поступают из разных сфер: философии, когнитивной науки, культуры, технологий и бизнес-среды; дизайнер становится посредником между человеком и его окружением — как физическим, так и цифровым, создавая не только предмет, но и сопутствующий ему человеческий опыт. Размышляя о новых функциях дизайна как о создании опыта, стилей жизни и инструментов межличностного взаимодействия, современные дизайн-концепции нацелены на решение актуальных социальных вопросов, вопросов идентичности и благосостояния граждан. В условиях информационной перегрузки дизайн должен сочетать эмпатию, проверяемые данные и эффективную коммуникацию, применяя методы дизайна услуг, дизайна взаимодействия, системного дизайна и принципы устойчивого развития.

Общество встретилось с проблемой полной незаинтересованности широкой аудитории в исторических периодах, событиях и культурных достижениях прошлого. Это явление, часто называемое исторической апатией или амнезией, влечет за собой утрату связи с национальным и глобальным культурным наследием, а также снижает критическое мышление и способность анализировать текущие события в историческом контексте. Проблема исторической апатии является многофакторной и требует комплексного подхода. Эффективное культурное внедрение исторических знаний — это не просто передача информации, а процесс создания условий для формирования интереса, понимания и осознания ценности прошлого. Только через инновационные и привлекательные форматы можно вернуть истории ее значимое место в жизни современного человека, укрепить культурную идентичность и формировать более осознанное общество.

Для преодоления исторической апатии необходимо активное и системное культурное внедрение исторических знаний и ценностей. Это подразумевает создание контента и форматов, которые делают историю

доступной, интересной и релевантной для широкой аудитории. Дизайн является той самой платформой для создания доступности смысловой идеи для общества.

О характере творческого таланта дизайнера выразился в своем определении итальянский дизайнер Этторе Соттсасс: «Дизайнер — это художник, ремесленник, философ». Философом дизайнер должен быть потому, что, создавая проект изделий для человека в соответствии с его потребностями и вкусами, проектируя вещи и предметную среду в целом, он проектирует самого человека, его облик, эмоции, стиль жизни. Непосредственно дизайнер проектирует вещь, а опосредованно — человека и общество [1].

Основной проблемой проектирование продукта для дизайнера является поиск метода проектирования и творческого источника. Для создания уникальной коллекции используют эвристические методы проектирования: аналогия, ассоциации, комбинирование, инверсия, карикатура и другие. На создание идеи дизайнера может навести окружающая среда, объекты искусства, культура, эпоха и многое другое. Дизайнеру необходимо постоянно изучать огромное количество информации, чтобы создать актуальную и востребованную коллекцию. Без комплексного подхода дизайнер рискует создать устаревшую или не востребованную коллекцию [2].

Обращение к советскому наследию в современном дизайне стало актуальным трендом благодаря сочетанию ностальгии, поиска аутентичности и стремления к эмоциональной связи с аудиторией. Советская эстетика воспринимается как мощный язык коллективной памяти, вызывающий тёплые эмоции и ощущение общего культурного контекста. Дизайнеры активно используют элементы советской упаковки, полиграфии, иллюстраций, а также образы из мультфильмов и детских книг, что позволяет создавать узнаваемые и близкие разным поколениям визуальные образы. В условиях усталости от стерильного цифрового минимализма возрастает интерес к материальности, тактильности и «человеческому теплу», которые несут в себе советские предметы интерьера и рукотворные техники.

Сегодня коллекции, вдохновлённые советским временем, перестали быть слепым копированием и стали осознанным переосмыслением. Они объединяют черты конструктивизма и лаконичного графического языка той эпохи с современными тканями, технологиями и потребительскими привычками. Бренды интегрируют советские мотивы в айдентику, создавая новые смыслы и визуальные коды, которые воспринимаются как свежие благодаря контексту цифровой эпохи, глобализации и развивающимся культурным практикам. Такой подход сохраняет культурную преемственность, но одновременно наделяет продукты индивидуальностью, уютом и эмоциональной глубиной — ценностями, особенно значимыми в эпоху глобализации и цифровой унификации. В условиях открытого доступа к информации и повышенной прозрачности цепочек поставок дизайн становится носителем нарративов о происхождении материалов, ремесле и социально ответственном производстве, что укрепляет доверие потребителей и поддерживает локальные сообщества. Коллекции такого типа выступают не просто как стиль прошлого, а как инструмент идентичности, осознанного потребления и устойчивого будущего в нестабильном глобальном ландшафте [3].

Коллекция сумок — это группа аксессуаров, объединённых общей идеей, стилистикой, материалами или концепцией, разработанная дизайнером или брендом в рамках единого творческого проекта. Каждая коллекция имеет свою уникальную историю, визуальный язык и философию, что позволяет ей выделяться на рынке и формировать узнаваемый имидж [4].

Основными характеристиками коллекции сумок являются: единство концепции, стиля, сочетаемость материала и фурнитуры, функциональность, эмоциональная составляющая.

Современное дизайн-проектирование в системе «коллекция» базируется на предпосылках развития модных тенденций и на точном адресе создаваемых изделий: для чего, кому, что, как, из чего, сколько. Ответ на вопрос «для чего?» предполагает формирование концепции коллекции. Концепция зависит от назначения и поставленных перед ней задач [5]. Гармоничная целостность и концепция коллекции выражаются в идее обобщенного пластического символа-формы, проходящего через все ассортиментные группы коллекции (в новом сочетании пропорциональных соотношений в комплектах различного назначения, в акцентировании конструктивных поясов, едином цветовом решении, в использовании единых структур материалов и др.). В концепции перспективной коллекции обобщенный символ-форма может усиливаться акцентированием смыслового центра композиции, творческим источником, трактовкой образа всей коллекции [6].

Процесс разработки коллекции включает в себя шесть этапов:

- предпроектное исследование;
- предварительное эскизирование;
- художественно-технологический поиск;
- разработка рабочего эскиза изделий, входящих в коллекцию;
- составление проектной документации;
- изготовление образцов изделий в материале [7].

К предпроектному исследованию относится анализ модных тенденций, определение источника творчества и формулирование концепции.

В сезоне осень-зима 2025–2026 гг. дизайнеры сочетают функциональность с эстетикой, делая акцент на материалах, декоре и цветовых решениях. Актуальны мягкие бескаркасные модели, а также каркасные сумки. Например, топ-хендлы в ретро-эстетике (*Miu Miu Khaite*) трапециевидные и «докторские» модели

На подиумах были представлены изделия из натуральной кожи и эконоки, фактурной кожи (тиснение под крокодила, змею или анаконду) и мех. В декоре можно заметить металлические элементы (цепочки, пряжки, заклёпки, кнопки), бахрому, плетёные элементы, брелоки и подвески. Популярны как классические цветовые решения, так и более экспрессивные [8].

Работа с первоисточником начинается с глубокого визуального и смыслового анализа.

В статье рассматривается проектирование коллекции сумок, вдохновленное кодовыми элементами и материалами СССР. Советское время неразрывно связано с культурными, социальными и политическими явлениями своего времени. Союз отражал идеи коллективизма, доступности, массовости, а также стремление к функциональности и простоте. Утилитарность была одной из главных черт: предметы быта и одежда проектировались с учётом практичности, долговечности и возможности массового производства. Визуальный образ СССР — это сочетание функционализма, масштабности и уютного быта. Архитектура отличается монументальностью: массивные панельные дома, знаменитые «хрущёвки» и «брежневки», сталинские высотки, широкие проспекты и типовые микрорайоны. Интерьеры наполнены простыми, но тёплыми вещами: деревянная мебель, ковры на стенах, сервизы в сервантах, торшеры с абажурами, кружевные салфетки и обилие семейных фотографий. Люди часто одеты скромно, но с акцентом на практичность и коллективизм, а в облике преобладают приглушённые, натуральные цвета. Особенность советского визуального стиля — сочетание утилитарности, ностальгического уюта и идеологической символики, что создаёт узнаваемую и эмоционально насыщенную эстетику [9].

Дизайнер коллекции выделяет для проектирования пять основных символов эпохи: тёплые шерстяные одеяла с цветочными узорами, персидские ковры как символ уюта, элементы формальной архитектуры брутализма (геометричные формы, симметрия), хрусталь как знак праздничности и особого отношения к деталям и газету, как важный элемент источника всех новостей того времени. Использование этих материалов и отсылок позволяет создать коллекцию, наполненную смыслом, ностальгией и узнаваемыми визуальными кодами, которые находят отклик у современной аудитории [10].

Концепцией коллекции является привлечение общества к истории государства через ностальгию.

Коллекция сумок «Наследие Союза» – это мост между прошлым и настоящим, призванный оживить забытые культурные коды и символы ушедших эпох, предлагая новый взгляд на историю через призму современного дизайна. В эпоху, характеризующуюся так называемой «исторической апатией», эта коллекция стремится пробудить интерес к прошлому, делая его доступным, понятным и эмоционально близким через узнаваемые визуальные образы. Дизайн выступает как универсальный язык, способный передать глубокий смысл и пробудить ностальгию, находить отклик в современной аудитории, демонстрируя, что история – это не только сухие факты, но и богатый источник вдохновения и идентичности. Каждое изделие – это мини-музей экспонатов, который несет вещи, но и рассказывает историю, пробуждает воспоминания, вызывает интерес к культурному коду ушедших времен.

После предпроектных исследований – самого масштабного по поиску информации и ее анализа этапа, необходимо перейти к рисованию идей и поиску новых форм, основываясь на анализе модных тенденций и источнике творчества.

Основной задачей модельера стало проектирование сумок, поиск формы отталкиваясь от самого уникального материала эпохи (ковёр, одеяло, хрусталь, газета и бетон). В зависимости от используемых материалов модельер проектирует определенную форму изделия.

Персидский ковер имеет жесткую форму и сложность в обработке краев, следовательно, проектировалась большая сумка невыворотной конструкции. Особенностью сумки стали интересные клинчики, эмитирующие закрученность рулона ковра.

Шерстяное одеяло имеет мягкую форму. Уют и тепло материала дизайнер решил поддержать проектирование мягких складок по низу сумки, тем самым изделие запроектировано объемной формы.

Третье изделие в коллекции – папка из кожи, на которую нанесен рисунок страницы из советской газеты. Папка имеет характерные размеры для газет.

Четвертое изделие включает в себя идею архитектуры времени: брутализм. Изделие по форме напоминает портфель советского партийного работника. Портфель имеет геометричные, острые формы.

Пятое изделие берет свой источник творчества из форм хрусталя в стенках советского интерьера. Конструкция сумки выполнена из прозрачного материала, а форма полностью повторяет конфигурацию хрустальной вазы.

Коллекция, состоящая из пяти изделий представлена на рисунке 1.



Коллекция «Наследие Союза» была представлена на конкурсе «ПРОдвижение» в Санкт-Петербурге и удостоена первого места в номинации «Аксессуары».

Для профессиональной презентации аксессуаров необходимо понимание стилистических особенностей. Для презентации коллекции на конкурсном показе было подобрано пять образов для каждой модели, которые дополнили идею. Были использованы серый классический костюм с советскими значками, красный спортивный костюм, советский свитер и плащ.

В ходе исследования и проектирования коллекции сумок, вдохновлённой советской эпохой и выполненной из характерных материалов была достигнута главная цель: создание современного аксессуара, несущего в себе глубокий культурный код. Итогом работы стало формирование уникального ассортимента, где каждая модель отражает не только эстетику и утилитарность прошлого, но и переосмыслена с учётом актуальных тенденций дизайна. Коллекция становится своеобразным мостом между прошлым и настоящим, позволяя сохранить и по-новому взглянуть на советское наследие. Она демонстрирует, как через творческий подход и внимательное отношение к истории можно вдохнуть новую жизнь в привычные образы, превращая их в выразительные и востребованные предметы современного гардероба.

Научный руководитель: Доцент кафедры конструирования и технологии изделий из кожи им. проф. А.С. Шварца, кандидат технических наук, Захарова Лидия Александровна

Scientific Supervisor: Associate Professor of the Department of Leather Design and Technology named after Prof. A.S. Shvarts, Candidate of Technical Sciences, Zakharova Lidia Aleksandrovna

Список литературы

1. Рунге В.Ф., Сеньковский В.В. Основы теории и методологии дизайна. Учебное пособие (конспект лекций). М.: МЗ-Пресс, 2003. – 252 с.
2. Розенсон И.А. Основы теории дизайна. Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер Пресс, 2013. – 256 с.
3. Синева В.О., Костылева В.В., Никулина К.С. Концептуальный подход к созданию коллекции кожгалантерейных изделий на основе принципов устойчивой моды. Сборник: Инновации и современные
4. Бастов Г.А. «Художественное проектирование изделий из кожи». Легпромбытиздат. М. 1995, 204 с.
5. Калинина А. Основы дизайна и средовое проектирование (электронный ресурс). – URL: <https://pandia.ru/text/77/192/20651.php> (дата обращения: 11.04.2026)
6. Махоткина Л.Ю., Никитина Л.Л., Гаврилова О.Е. Конструирование изделий из кожи легкой промышленности: конструирование изделий из кожи: учебник / Москва: ИНФРА-М, 2021. — 295 с.
7. Козлова Т.В. Основы художественного проектирования изделий из кожи. Учебное издание для вузов. М.: Легпромбытиздат, 1987. — 75–76 с.
8. Тренды сумок: весна-лето 2025. URL: <https://lerme.ru/tpost/d6pgel2yr1-trendi-sumok-vesna-let-2025?ysclid=mnx5ihrgiq330309977> (дата обращения: 09.04.2026)
9. Реалии Союза: как на самом деле жили люди. URL: <https://dzen.ru/a/ZI7SGAzAOEeSxwfi?ysclid=mnvq023jq4648828992> (дата обращения: 10.04.2026)
10. Чумакова М.П., Шаповалова Н.Н. Технология и конструирование кожгалантерейных изделий. М., 1991.

References

1. Runge V.F., Senkovsky V.V. Fundamentals of Theory and Methodology of Design. Textbook (Lecture Notes). Moscow: MZ-Press, 2003. – 252 p.
2. Rozenzon I.A., Fundamentals of Design Theory. Textbook for Higher Education Institutions. Third-Generation Standard. SPb.: Peter Press, 2013. – 256 p.
3. Sineva V.O., Kostyleva V.V., Nikulina K.S. Conceptual Approach to Creating a Leather Goods Collection Based on Sustainable Fashion Principles. Collection: Innovations and Modern Technologies in the Fashion Industry. — Saratov, 2021, 157–159
4. Bastov G.A. "Artistic Design of Leather Products." Legprombytizdat. Moscow, 1995, 204 p.
5. Kalinina A. *Fundamentals of Design and Environmental Design* (online resource). – URL: <https://pandia.ru/text/77/192/20651.php> (accessed: 11.04.2026)
6. Makhotkina L.Yu., Nikitina L.L., Gavrilova O.E. Design of Leather Products in the Light Industry: Design of Leather Products: Textbook / Moscow: INFRA-M, 2021. — 295 p.
7. Kozlova T.V. Fundamentals of Artistic Design of Leather Products. Textbook for Higher Education Institutions. Moscow: Legprombytizdat, 1987. — 75–76 p.
8. *Bag Trends: Spring-Summer 2025*. URL: <https://lerme.ru/tpost/d6pgel2yr1-trendi-sumok-vesna-let-2025?ysclid=mnx5ihrgiq330309977> (accessed: 09.04.2026)
9. *The realities of the Union: how people actually lived*. URL: <https://dzen.ru/a/ZI7SGAzAOEeSxwfi?ysclid=mnvq023jq4648828992> (accessed: 10.04.2026)
10. Chumakova M.P. and Shanovalova N.N. Technology and Design of Leather Goods. Moscow. 1991.

УДК 685.34

Я.А. Янтюрина

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

РАЗРАБОТКА ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА КОЛЛЕКЦИИ ЖЕНСКОЙ ПОВСЕДНЕВНОЙ ОБУВИ, ОРИЕНТИРОВАННОЙ НА ФАНДОМ-СООБЩЕСТВО

© Я.А. Янтюрина, 2026

Рассматриваются актуальность разработки коллекции, ориентированной на фандом-сообщество корейской музыкальной группы BTS, модные тенденции по форме и цвету для эскизного проекта молодежной обуви. Через основные визуальные ассоциации с членами группы BTS, разрабатываются эскизы и модели коллекции женской повседневной обуви, ориентированной на фандом-сообщество и расширение ассортимента молодежной обуви.

Ключевые слова: эскизный проект, женская повседневная обувь, коллекция, фандом-сообщество, музыкальная группа BTS, ассортимент

Y.A. Yanturina

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF A CONCEPT DESIGN FOR A COLLECTION OF WOMEN'S CASUAL FOOTWEAR TARGETING A FANDOM COMMUNITY

Summary (Abstract) The relevance of developing a collection tailored to the fan community of the Korean musical group BTS is examined, along with the fashion trends in form and color for a sketch project of youth footwear. Through key visual associations with the members of the BTS group, sketches and models of a collection of women's casual footwear are developed, targeting the fan community and expanding the range of youth footwear.

Keywords: sketch project, women's casual footwear, collection, fan community, BTS musical group, assortment

Современный рынок обуви характеризуется ориентацией на целевую аудиторию. В эпоху развития социальных сетей люди всё чаще стали собирать вокруг себя сообщество по интересам, будь то музыкальная группа или развлекательные шоу. Это влияет на рынок, потому что общество стремится отделить «своих» от «чужих» в том числе и различными предметами одежды или обуви. Благодаря таким сообществам формируется лояльное к продукту потребительское поле, что способствует развитию рынка в более узких направлениях. Современный покупатель в условиях конкуренции брендов за внимание выбирает больше историю создания и ценность продукта, так как обилием довольно простых и повседневных товаров может похвастаться почти любая фабрика. Обувь становится не только вещью, защищающей от внешних повреждений стопы, но и маркером принадлежности к какой-либо культуре, моде или сообществу.

Довольно часто при упоминании необычной, привлекающей внимание обуви возникает образ артиста из Южной Кореи. Например, поклонники музыкальной группы *Stray Kids* часто ассоциируют саму группу с кедами *Converse*, несмотря на то что сама группа не является официальным лицом этого бренда, её участники периодически выступают в этой обуви и публикуют видео в ней. Также нужно упомянуть, что для выступлений женских музыкальных групп часто изготавливается необычная обувь на заказ, как например, обувь одной из участниц группы *BlackPink*, изображенная на рисунке 1. Именно поэтому для разработки авторского эскизного проекта выбрана самая популярная в мире корейская музыкальная группа *BTS*.

Рис. 1. Обувь участницы *BlackPink*

Актуальность темы данного проекта также обусловлена следующими ключевыми аргументами:

Культурно-социальный фактор: Глобальное влияние корейской поп-индустрии, и, в частности, группы *BTS*, как культурного феномена XXI века. *BTS* изменили традиционный образ поп-групп, выстроив глубокий диалог со своей аудиторией через сложные концепции альбомов. Их визуальный стиль, курируемый собственным креативным агентством, является эталоном для миллионов поклонников и активно анализируется в медиапространстве.

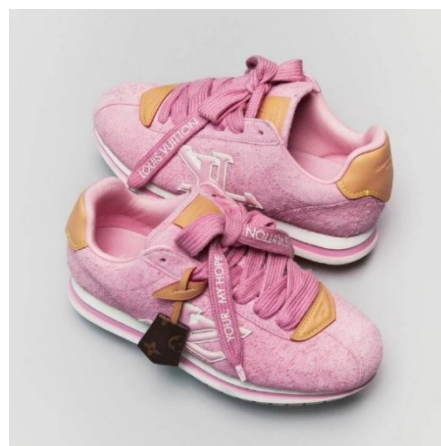
Например, альбом «*Arirang*» вышедший в марте 2026 года [1] предлагает слушателю окунуться в мир корейской культуры. Название альбома происходит от названия традиционной народной корейской песни, которая, по предположению ученых, существует с периода Корё (935–1392) [2]. А созвездие Большой Медведицы, образуемой при соединении семи разных версий альбома, отсылает к корейскому мифу о семи благородных сыновьях, что построили мост для своей матери, а после стали созвездием [3].

Индустриально-рыночный фактор: Повышенный спрос на тематический продукт и коллаборации, выходящие за рамки стандартной полиграфии. Успех коллабораций *BTS* с мировыми брендами (например, с *McDonald's*, *Hyundai*, *Louis Vuitton*) доказывает коммерческую жизнеспособность проектов, связанных с группой. Однако на рынке присутствует дефицит сложных, концептуально проработанных продуктов, в частности обуви, которая технически и художественно воплощала бы не просто логотип, а нарратив группы.

Например, недавно произошедшая коллаборация бренда *Louis Vuitton* с одним из участников группы – *J-Hope*, – находит отражение только в уникальном цвете кроссовок, в надписи на шнурках и в специальном тиснении на детали язычка. Сравнение кроссовок этой коллаборации и обычных кроссовок бренда отображено на рисунке 2.



а



б

Рис. 2. Сравнение моделей кроссовок *Louis Vuitton*:а – стандартная модель кроссовок *Louis Vuitton*;б – коллаборационная модель кроссовок *Louis Vuitton* и *J-hope*

В то же время даже несмотря на простоту дизайна все коллаборации с рассматриваемой музыкальной группой довольно часто пользуются популярностью и продаются довольно быстро, так как группа имеет большую базу фанатов. Выдвинутые факторы подтверждают актуальность данной темы для разработки.

Целью проекта является разработка эскизов коллекции женской повседневной обуви,

конструкции и дизайн которых концептуально основаны на философии и визуальной эстетике группы *BTS*.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

Исследовать современные тенденции в ассортименте, конструкции и применяемых материалах для молодежной повседневной обуви.

Провести анализ философско-визуального кода группы *BTS* (концепции альбомов, символики, фирменного стиля) и выявить ключевые образы, пригодные для трансляции в дизайн обуви.

Разработать эскизный проект коллекции женской повседневной обуви из 5 пар.

Объектом исследования является эскизный проект коллекции женской повседневной обуви (5 пар), выполненный с учётом визуально-философского кода группы *BTS* и представленный в виде готовых моделей.

Предметом исследования выступают методы и приемы интеграции культурного нарратива (на примере *BTS*) в процесс дизайнерского проектирования обувных изделий.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанный проект может служить готовым концепт-проектом для потенциальной коллаборации между обувным предприятием и правообладателями бренда *BTS*.

Так как в фандом-сообщества довольно часто собираются молодые люди, эскизный проект должен не только соответствовать уникальному образу группы, но и следовать модным тенденциям, поэтому необходимо провести анализ популярных течений в моде.

Анализ современного рынка и актуальных коллекций обуви позволяет выделить ряд ключевых тенденций, которые формируют эстетические и функциональные требования к проектируемым моделям. В текущем сезоне осень-зима 2026 представлены следующие тенденции в обуви.

Обувь, облегчающая ногу – один из главных трендов этого сезона (рисунок 3). Джинсы, плотно обтягивающие ногу, и ботинки, которые становятся продолжением одежды, соответствуют современной моде [4].



Рис. 3. Полусапоги, облегчающие ногу

Также классикой в мире моды остаётся обувь с овальной вставкой. Дизайнеры ищут новую уникальную форму для такой конструкции (рисунок 4).



Рис. 4. Обувь с овальной вставкой

Однако вслед за остроносыми туфлями из прошлого сезона на подиумы выходят модели обуви с

квадратной носочной частью (рисунок 5), что указывает на необходимость использования этого тренда для достижения многовариантности форм актуальной носочной части обуви.



Рис. 5. Обувь из коллекции *Chanel* с квадратным носом

В сезоне осень-зима 2026 становится популярным и уникальное цветовое решение в деталях модного образа. От черных и коричневых оттенков последователи моды переходят к более ярким цветам. Например, цветовая палитра, составленная институтом цвета *Pantone* [5], содержит в себе хоть и не насыщенные, «детские» цвета, но достаточно яркие, по сравнению с обычными для обуви коричневыми и черными оттенками (рисунок 6).

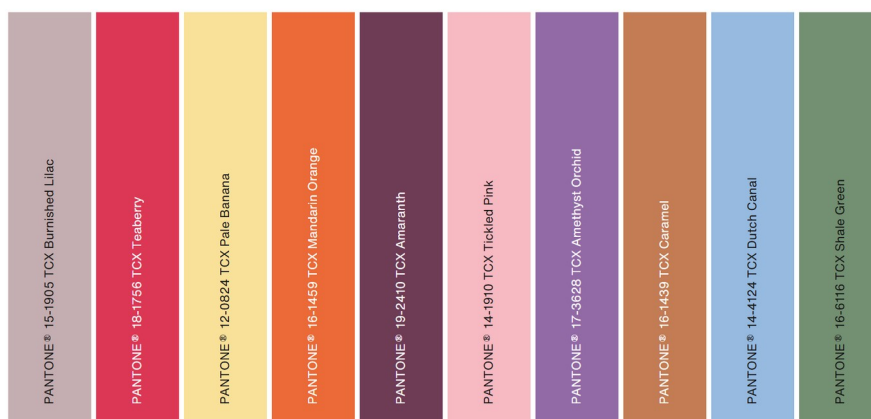


Рис. 6. Цветовая палитра, составленная институтом *Pantone* на период осень-зима 2026

Таким образом, проведенный анализ современных модных тенденций позволяет выделить ключевые конструктивные и стилистические решения, актуальные для молодежной аудитории: облегчающий силуэт, овальная вставка, яркая цветовая гамма. Однако формирование целостного дизайн-проекта требует не только учета модных векторов, но и обращения к глубинным смыслам, определяющим идентичность целевого потребителя. В связи с этим следующим этапом исследования становится анализ визуально-философского кода группы *BTS* как ключевого источника вдохновения для проектируемой коллекции.

В июле 2017 года группа *BTS* презентовала новый стиль и смысл заключенный в нем. Новый символ группы (рисунок 7) – две вертикальные симметричные трапеции, направленные короткими сторонами друг к другу, символизирует молодых людей, открывающих двери вперед, не останавливаясь на достигнутом. В то время как официальный символ фанатов группы две вертикальные трапеции, смотрящие длинными сторонами друг на друга, как будто артисты, стоящие за ними, выходят к своим слушателям [6].



Рис. 7. Официальный логотип музыкальной группы *BTS*

Так же фиолетовый цвет считается фанатами группы фирменным цветом *BTS*, так как однажды один из участников группы придумал, что этот цвет символизирует вечное доверие и любовь. В дальнейшем после того, как этот цвет признали и фанаты, и участники группы, фиолетовый стал официальным цветом *BTS* [7]. Эскизный проект затрагивает не только всю группу в целом, но и участников группы по отдельности, поэтому на рисунке 8 представлены все участники с именами.

Рис. 8. Группа *BTS* с именами участников

После анализа модных трендов, символики группы разработаны следующие эскизы моделей обуви.

Для разработки коллекции выбраны 2 вида обуви: ботинки и полуботинки, так как это позволит обеспечить потребность фанатов в обуви разных сезонов.

Первой моделью ботинок являются челси (ботинки с эластичной тесьмой по бокам). Разбитые по равным частям вертикальные детали, напоминая корсетные линии, символизируют стройность и строгость старшего участника группы Ким Сокджина, нестандартная форма овальной вставки – оказывается сродни к треугольной пластике линий логотипа, облегаящий ногу силуэт помогают соответствовать модным тенденциям этого сезона. Хаотичные всплески краски не только отсылают к космосу, который так же неотъемлемо ассоциируется с группой, но и к веселому характеру Сокджина. Модель челси представлена на рисунке 9.



Рис. 9. Эскиз модели челси

Второй моделью обуви в коллекции является модель полуботинок с настрочными берцами. Простота конструкции позволяет отобразить честный характер Юнги, а также прямые линии и квадратный нос подчеркивают его прямолинейность по отношению не только к фанатам и друзьям, но и к представителям СМИ. Также квадратная носочная часть помогает поддержать тренд этого сезона. При этом уникальностью конструкции является то, что подблочники при соединении шнурками образуют логотип группы. Полуботинки, вдохновленные Юнги, представлены на рисунке 10.



Рис. 10. Эскиз модели полуботинок с настрочными берцами

Ботинки, вдохновленные ещё одним участником группы – *J-hope*, – отображают и принадлежность к группе, и его характер, при упоминании которого возникает ассоциация с молнией и скоростью. Так же *J-hope* (настоящее имя Чон Хосок) является главным танцором, что позволяет сделать ботинки, включающие элементы, принадлежащие спортивному стилю, которые никогда не выходят из повседневности молодежи (рисунок 11).



Рис. 11. Эскиз модели ботинок, вдохновленных Чоном Хосоком

Модель полуботинок без специального крепления на стопе, олицетворяет четвертого участника группы (рисунок 12). Фанаты группы часто говорят о нём, как о луне с двумя лицами: одно лицо ярко освещает ночью, второе – показывает темную сторону в новолуние. Именно поэтому для разработки этого эскиза была принята идея пересечения двух деталей – с яркими и хаотичными пятнами и спокойной, залитой сплошным цветом. Детали пересекаются на каре-образном носке обуви и образуют законченную концептуальную конструкцию.

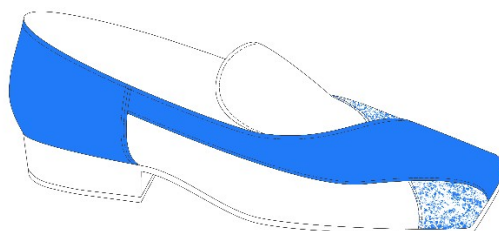


Рис. 12. Эскиз модели полуботинок без специального крепления на стопе

Центральной моделью коллекции является модель ботинок на застежке-молнии, в которой 7 раз отображен логотип группы, что символизирует семерых участников. Каждый логотип прочно соединен с другими, что показывает единство участников группы между собой и с фандом-сообществом. А корона, которая визуально складывается в верхней части ботинок из двух логотипов, символизирует неофициальное название группы, данное фанатами, – «7 королей Кореи». Модель этих ботинок представлена на рисунке 13.



Рис. 13. Эскиз центральной модели коллекции

Таким образом, в ходе данной работы разработан эскизный проект коллекции женской повседневной обуви из 5 пар, ориентированной в основном на фандом-сообщество корейской музыкальной группы *BTS* и коллекция на региональный профессиональный конкурс «ProДвижение» 2025 года (рисунок 14).



Рис. 14. Общее фото готовой коллекции

Данная работа может служить примером разработки коллекции обуви адресного проектирования как для популярного фандом-сообщества, так и для разнообразия конструктивных решений молодежной обуви, а также предлагает новый взгляд на поиск производителями обуви новых потребителей среди молодежной аудитории.

Научный руководитель *Доцент кафедры конструирования и технологии изделий из кожи им. проф. А.С. Шварца, кандидат технических наук, доцент*
Яковлева Н.В.

Scientific supervisor: Associate Professor of the Department of Design and Technology of Leather Products named after Professor A.S. Schwartz, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Yakovleva N.V.

Список литературы

1. *Yonhap News Agency. BTS redefines 'Koreanness' in long-awaited full-group album 'Arirang'* [Электронный ресурс]. – 2026. – 20 March. – URL: (дата обращения: 03.04.2026).
2. *Arirang* [Электронный ресурс] // *Britannica*. – URL: <https://www.britannica.com/topic/Arirang> (дата обращения: 03.04.2026).
3. Цой А.Н. Под созвездием Большой Медведицы (мифы Кореи). – М.: Издательское содружество А. Богатых и Э. Ракитской, 2010. – 4 с.
4. Амирова З. 10 трендов в аксессуарах осень—зима 2026/2027 [Электронный ресурс]. – URL: <https://theblueprint.ru/fashion/trends/bags-shoes-fall26> (дата обращения: 06.04.2026).

5. Pressman L. Pantone® Fashion Colour Trend Report for London Fashion Week Spring/Summer 2026 [Электронный ресурс] // Pantone. – 18 September 2025. – URL: <https://www.pantone.com/articles/fashion-color-trend-report/london-fashion-week-spring-summer-2026> (дата обращения: 06.04.2026).
6. Echeverría Barrios, Andrea A. El fandom de BTS y su apropiación de la significación; un estudio de los roles simbólicos y la reinterpretación en el Bangtan Universe // *Journal of Roleplaying Studies and STEAM*. – 2025. – Vol. 4. – Iss. 1. – Article 4.
7. 왕련카이, 김윤경, 이경희. K-Pop 보이 그룹의 패션디자인 및 스타일 연구 - 방탄소년단, 세븐틴의 음악 방송 프로그램 및 유튜브 영상을 중심으로 // *한국의류산업학회지*. – 2021. – vol.23, no.6, 통권 134 호. – С. 726-743.

References

1. Yonhap News Agency. BTS redefines 'Koreanness' in long-awaited full-group album 'Arirang'. 2026. 20 March. URL: (date accessed: 03.04.2026). (in Eng.)
2. Arirang. Britannica. URL: <https://www.britannica.com/topic/Arirang> (date accessed: 03.04.2026). (in Eng.)
3. Tsoy A.N. Pod sozvezdiem Bolshoy Medveditsy (mify Korei) [Under the constellation of the Big Dipper (myths of Korea)]. Moscow: Izdatelskoye sodruzhestvo A. Bogatykh i E. Rakitskoy, 2010. 4 p. (in Rus.)
4. Amirova Z. 10 trendov v aksessuarakh osen—zima 2026/2027 [10 trends in accessories autumn—winter 2026/2027]. URL: <https://theblueprint.ru/fashion/trends/bags-shoes-fall26> (date accessed: 06.04.2026). (in Rus.)
5. Pressman L. Pantone® Fashion Colour Trend Report for London Fashion Week Spring/Summer 2026. Pantone. 18 September 2025. URL: <https://www.pantone.com/articles/fashion-color-trend-report/london-fashion-week-spring-summer-2026> (date accessed: 06.04.2026). (in Eng.)
6. Echeverría Barrios, Andrea A. El fandom de BTS y su apropiación de la significación; un estudio de los roles simbólicos y la reinterpretación en el Bangtan Universe [The BTS fandom and its appropriation of meaning; a study of symbolic roles and reinterpretation in the Bangtan Universe]. *Journal of Roleplaying Studies and STEAM*. 2025. Vol. 4. Iss. 1. Article 4. (in Spanish)
7. Wang Liankai, Kim Yoon-Kyoung, Lee Kyoung-Hee. K-Pop boy geurup-ui paesyeondijain mit seutail yeongu - Bangtan Sonyeondan, Seutintin ui eumak bangsong peurogeuraem mich Yutubeu yeongsang-eul jungsim-euro [A Study on the Fashion Design and Style of K-Pop Boy Groups - Focusing on the Music Programs and YouTube Videos of BTS and Seventeen]. *Han-guk uisusan-eob hakoeji [Korean Fashion & Text. Res. J.]*. 2021. vol.23, no.6. P. 726-743. (in Kor.)

УДК 687.02

Н.Ю. Карбанова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЮБОК В ТРЕХМЕРНОЙ САПР

© Н.Ю. Карбанова, 2026

В статье рассмотрены различные по технологии способы построения лекал юбки в программе трехмерного проектирования одежды CLO3D и осуществлена виртуальная примерка результирующих макетов юбок.

Ключевые слова: технология проектирования, лекала, юбка, CLO3D.

N.Yu. Karabanova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

3D CAD SKIRT DESIGN TECHNOLOGY

The article discusses various technological methods for constructing skirt patterns in the CLO3D design program and a virtual fitting of the resulting skirt layouts was carried out.

Keywords: design technology, patterns, skirt, CLO3D.

Проектирование юбки в программе CLO3D возможно осуществлять, следуя различным технологиям. Программа представляет возможности по плоскостному и трехмерному проектированию. Доступно проектирование на стандартный аватар и на индивидуальный сканотар фигуры. Для настоящей работы был выбран сканотар индивидуальной фигуры с измерениями, приближенными к типовым.

В программе CLO3D были воспроизведены основные из представленных технологий проектирования: графическое плоскостное проектирование, проектирование условное 2,5D и трехмерное проектирование (3D) методом [1].

Первая технология проектирования. Графическое проектирование юбки.

Для примерки используется сканотар индивидуальной фигуры с мерками, приближенными к типовым. Ведущие размерные признаки: рост 170,1 см., обхват груди третий 96 см, обхват бедер с учетом выступа живота 103,1 см. Для расчетов была выбрана типовая фигура с параметрами 170-96-102 2-й полнотной группы. Все данные по размерным признакам для построения взяты из рекомендаций «Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды» ОАО «ЦНИИШП» [2] и представлены в таблице 1.

Таблица 1. Размерные признаки для проектирования юбки графическим методом на фигуру 170-96-102 (2-я полнотная группа).

Номер размерного признака	Наименование размерного признака	Величина размерного признака, см
T1	Высота верхушечной точки – длина тела	170
T16	Обхват груди третий	96
T19	Обхват бедер с учетом выпячивания живота	102
T7	Высота линии талии	107,4
T9	Высота коленной точки	49
T12	Высота подъягодичной складки	78
T25	Расстояние от линии талии до пола сбоку	110,5
T26	Расстояние от линии талии до пола спереди	108,8
T18	Обхват талии	75,4
T46	Расстояние между сосковыми точками	20,6

Графическая технология требует проведения предварительных расчетов всех элементов чертежа. Для проведения расчетов была использована таблица Excel. Проектирование ведется по методике ЕМКО СЭВ – построение прямой юбки [3]. Для расчетов использовались следующие параметры: поправочный коэффициент $a_1=0,75$ см, прибавка по ширине линии талии $P_t=1$ см, прибавка по ширине линии бедер $P_b=2$ см, прибавка к длине $P_d=1$ см. Результат расчета представлен в таблице 2.

Таблица 2. Расчет элементов чертежа юбки по ЕМКО СЭВ

Номер системы	Наименование отрезка	Обозначение отрезка	Значение, см
1	Длина юбки сзади	41-91	60,15
2	Расстояние от линии талии до линии бедер	41-51	19,86
3	Ширина по линии бедер	51-57	53
4	Ширина задней части юбки	51-54	26,5
5	Длина юбки сбоку	94-441	62,2
6	Длина юбки спереди	97-47	60,8
7	Ширина по линии талии	41-470	38,7
7.1	Сумма вытачек по талии	47-470 (dt)	14,3
8	Вспомогательный отрезок	41-420	3,87
9	Вспомогательный отрезок	47-460	3,87
10	Расстояние от середины боковой вытачки до ее левой стороны	411-442	3,718
10.1	Расстояние от середины боковой вытачки до ее правой стороны	411-442'	3,718
11	Расстояние от средней задней линии до середины задней вытачки	41-42	10,6
11.1	Длина задней вытачки	42-521	13,902
11.2	Расстояние от середины задней вытачки до ее правой стороны	42-421'	2,431
11.3	Расстояние от середины задней вытачки до ее левой стороны	42-421	2,431
12	Расстояние от середины переда до середины передней вытачки	47-46	10,3
12.1	Длина передней вытачки	46-561	9,93
12.2	Расстояние от середины передней вытачки до ее левой стороны	46-461	1,001
12.3	Расстояние от середины передней вытачки до ее правой стороны	46-461'	1,001

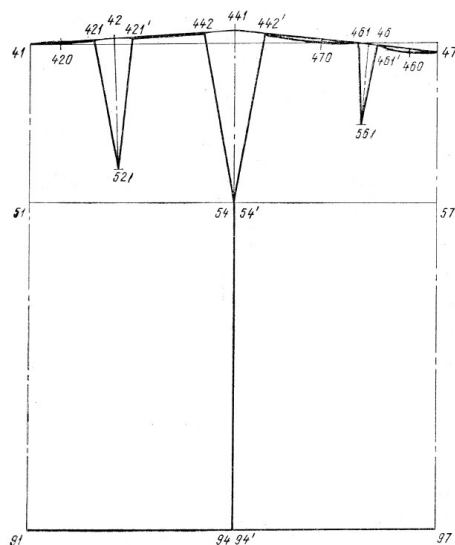


Рис. 1. Схема построения чертежа юбки

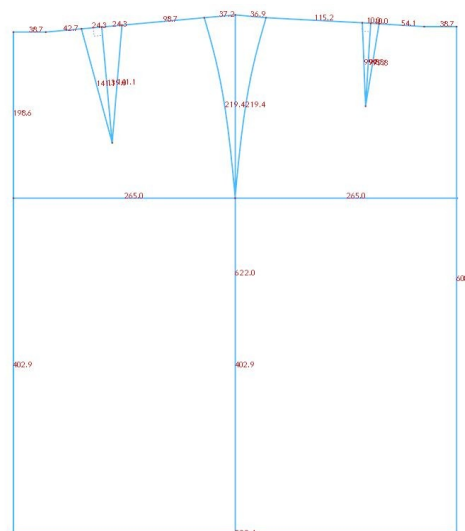


Рис. 2. Чертеж юбки, полученной в CLO3D

Построение производится на прямоугольной детали произвольного размера, которая создается инструментом *Rectangle* (горячая клавиша *S*). Инструментом *Internal Polygon/Line* (горячая клавиша *G*) строятся отрезок длины сзади 41-91. На полученном отрезке от верхней точки инструментом *Add Point/Split Line* (горячая клавиша *X*) на расстоянии 41-51 поставить точку. Инструментом *Internal Polygon/Line* (горячая клавиша *G*) построить ширину юбки 51-57 и, равную ей, 91-97. На полученном отрезке 51-57 инструментом *Add Point/Split Line* (горячая клавиша *X*) добавить точку на расстоянии 51-54. Инструментом *Internal Polygon/Line* (горячая клавиша *G*) провести боковую линию 54-94 до линии низа, выстроить снизу-вверх 94-441 и 97-47, провести вспомогательные отрезки 41-420 и 47-460, соединить точку 411 с 420 и 460. На наклонных линиях от точки 411 инструментом *Add Point/Split Line* (горячая клавиша *X*) отложить растворы боковой вытачки 411-442 и 411-442'. Центры передней и задней вытачек находятся при использовании инструмента *Internal Ellipse* (горячая клавиша *R*) в режиме круга с радиусами 41-42 и 47-46. Точки пересечения 42 и 46 находятся инструментом *Add Point to Intersection* при выделении пересекаемых элементов чертежа. Из точек 42 и 46 инструментом *Add Perpendicular Internal Line* в режиме *Local* восстановить перпендикуляры длиной 42-521 и 46-461 соответственно. Инструментом *Add Point/Split Line* (горячая клавиша *X*) отложить растворы задней вытачки 42-521 и 42-521', и растворы передней вытачки 46-461 и 46-461'. Инструментом *Internal Polygon/Line* (горячая клавиша *G*) провести недостающие линии чертежа. Отдельные детали из чертежа выделяются инструментом *Trace* (горячая клавиша *I*). Готовый чертеж представлен на рис. 2, полученные лекала юбки на рис. 3 и виртуальная примерка изделия на рис. 4.

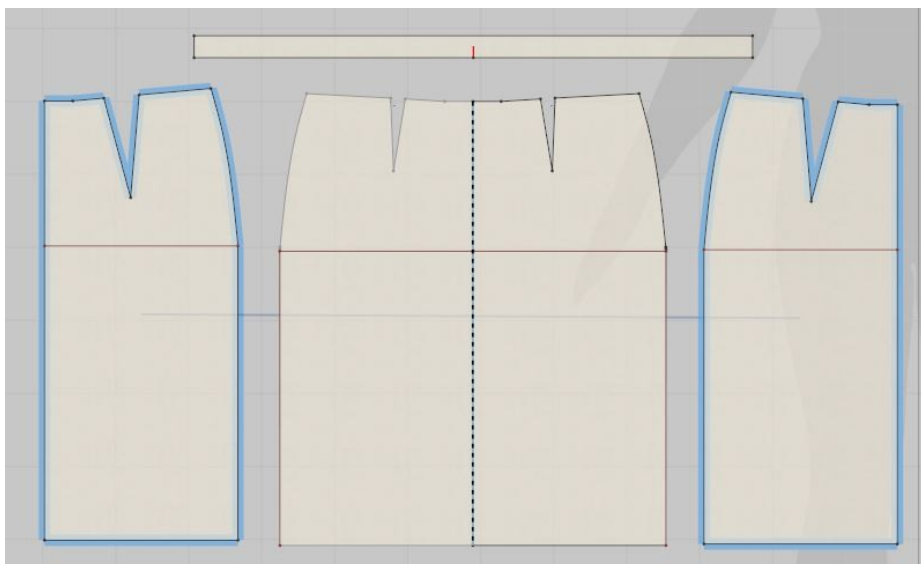


Рис. 3. Лекала первой юбки

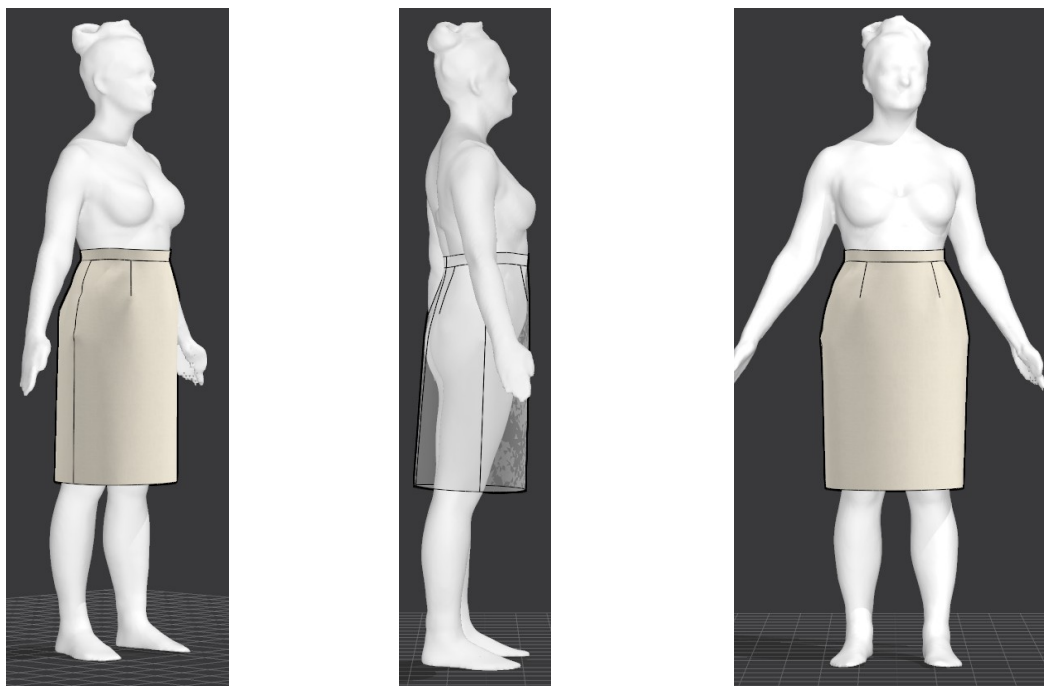


Рис. 4. Примерка макета юбки по графической технологии проектирования

Вторая технология проектирования. Графическое проектирование юбки по технологии 2,5D.

Для данного построения не требуется многочисленных расчетов. Все измерения берутся непосредственно с трехмерной модели фигуры. Для нанесения измерений по уровням талии и бедер были выставлены горизонтальные плоскости и нанесены линия талии, линия бедер, длины от талии до бедер по переду, боку и спинке (рисунок 5, а).

В программе CLO3D возможно выполнить измерения стандартным инструментом только по поверхности фигуры, а для проектирования юбки нужно измерение обхват бедер с учетом выпуклания живота. Это измерение было выполнено по поверхности тканевой ленты, обернутой вокруг тела и дополнительной пластины, выставленной по выпуклости живота (рисунок 5, б). Измерение проводится инструментом *Circumference Measure (Garment)* (рис. 5, в).

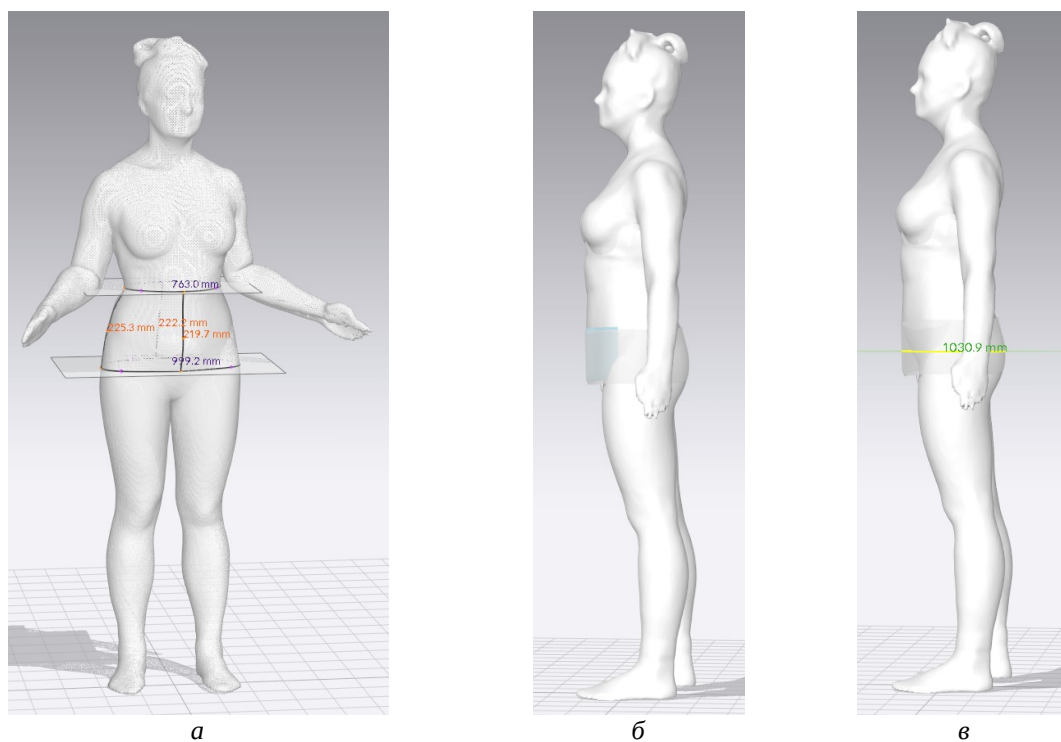


Рис. 5. Нанесение линий измерения по поверхности сканотара:

а – нанесение разметки уровней талии и бедер; б – проецирование выступа живота на уровень измерения обхвата бедер; в – измерение обхвата бедер с учетом выступа живота

Для построения создается прямоугольная деталь с длиной, равной длине юбки 62 см и шириной, равной 53,55 см (половина обхвата бедер с учетом выпячивания живота плюс прибавка по линии бедер 2 см.) По левой стороне инструментом *Add Point/Split Line* (горячая клавиша X) создается точка на уровне 21,9 см от верхней линии. Инструментом *Internal Polygon/Line* (горячая клавиша G) внутренняя линия проводится горизонталь через всю деталь. Полученную линию делим пополам точкой, из которой проводим вверх и вниз вертикаль. Уравниваем линии чертежа с измерениями, полученными на рисунке 5 инструментом *Change Length* (рисунок 6). Из анализа фигуры выбираем распределение растворов боковой вытачки 50% от суммарного раствора 14,4 см. (половина обхвата бедер с учетом выпячивания живота плюс прибавка по линии бедер 1 см. минус сумма половины обхвата талии и прибавки по талии 0,5 см.), задней вытачки 35% и передней вытачки 15%. Полученные величины: 7,2 см., 5,04 см. и 2,16 см. Длина задней и передней вытачки выбирается равной 3 растворам плюс 1 см., и равна 16,1 см. и 7,48 см.

Боковая вытачка строится длиной 22,53, до линии бедер. Используется инструмент *Add Dart*, что позволяет за один прием установить раствор, длину и сопряжение линии талии в месте стачивания вытачки. Точка для задней вытачки располагается посередине получившегося отрезка талии задней части юбки. Точка передней вытачки располагается на одной трети от боковой точки по отрезку талии передней части юбки (пользуемся инструментом *Add Point/Split Line* (горячая клавиша X)). Добавляем заднюю и переднюю вытачки инструментом *Add Dart* (рис. 7).

Разрезаем лекало юбки по боковому шву. Разворачиваем переднее полотнище юбки по переднему сгибу и дублируем зеркальную деталь заднего полотнища юбки (рис. 8). Выполняем сшивание и примерку. Для примерки выбираем макетную ткань (рис. 9).

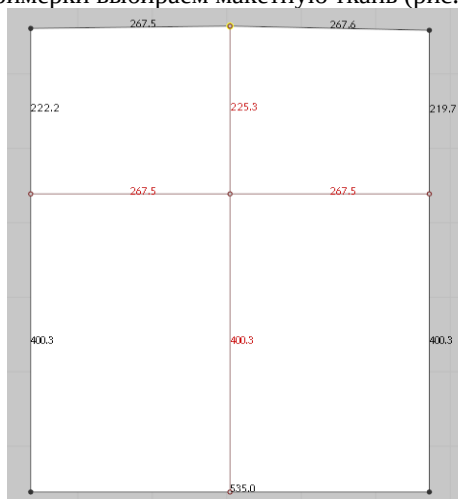


Рис. 6. Сетка чертежа юбки

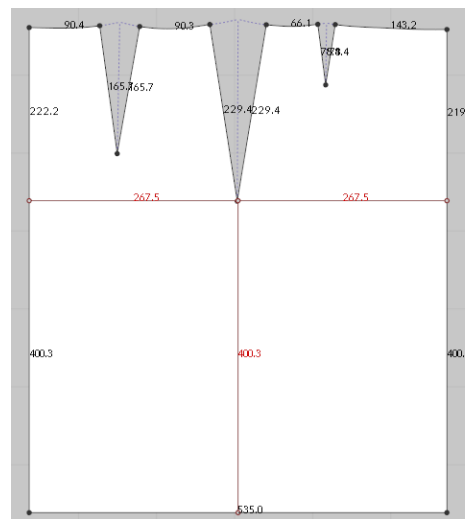


Рис. 7. Полученное лекало юбки

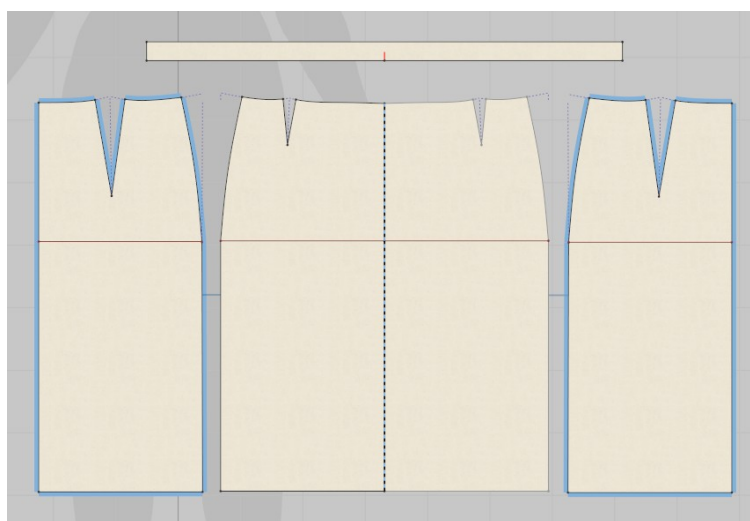


Рис. 8. Лекала второй юбки

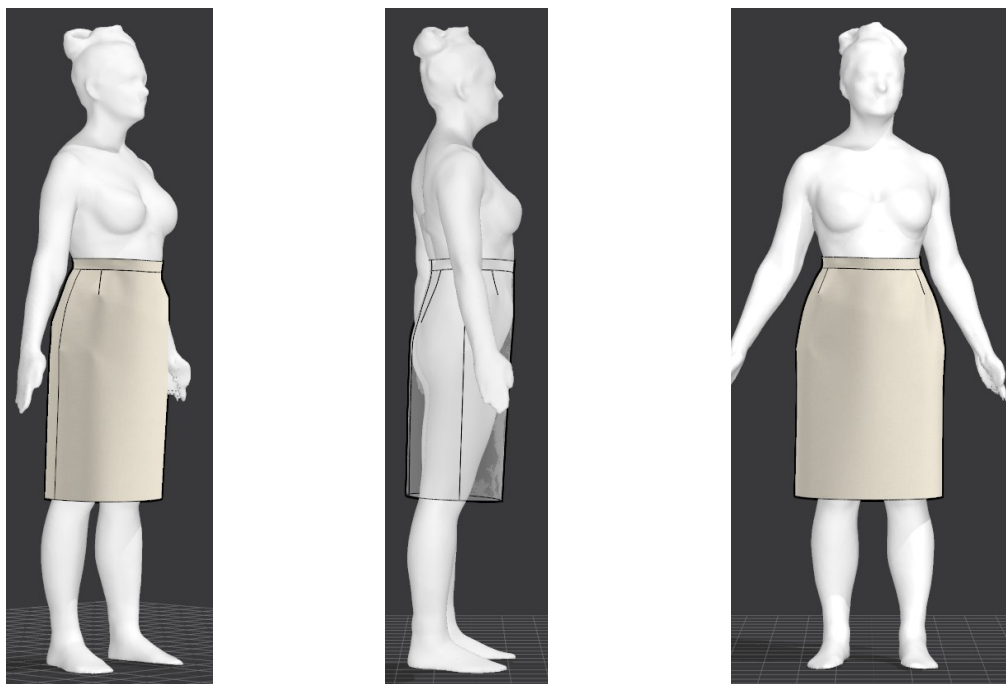


Рис. 9. Примерка макета юбки, спроектированной по технологии 2,5D

Третья технология проектирования. Трехмерное проектирование юбки по технологии разворачивания.

Первоначальный этап проектирования похож на подготовку второго варианта построения: на уровне талии и бедер размещаем горизонтальные плоскости. Инструментом *3D Pen (Avatar)* нанести линии талии, бедер, центра переда и центра спинки, нанести вытачки по передней и задней половинкам. Инструментом *Flatten* отметить детали и развернуть. Результат развертки представлен на рис. 10.

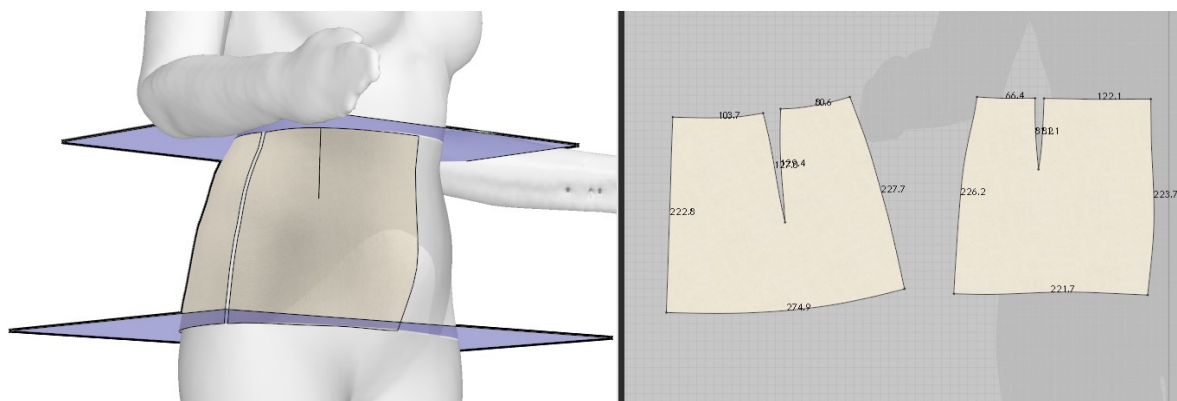


Рис. 10. Развертка верхней части юбки

Перед построением нижней части юбки нужно внести исправления в развертку. По среднему срезу передней части поставить точку на уровне живота инструментом *Add Point/Split Line* (горячая клавиша X). Удалить лишние точки кривых. От этой точки до верхней точки среза инструментом *Rotate* повернуть лекало так, чтобы этот срез занял вертикальное положение. Нижнюю точку выставить на эту вертикаль. По длине получившихся нижних срезов инструментом *Rectangle* создать прямоугольные нижние части юбки длиной 40 см. Инструментом *Merge* соединить верхние и нижние части передней и задней половинок юбки. Измерить величину наложения верхних и нижних частей юбки. Инструментом *Fullness (Point)* из точек по линии соединения нижних полотнищ юбки и разверток в вершины вытачек выполнить разведение лекал на необходимую величину. Для учета прибавок на свободное облегание лекала юбки масштабируются по ширине на 104%. Полученный комплект лекал представлен на рис. 11. Результаты примерки из макетной ткани представлены на рис. 12.

2. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды: справочник / ОАО «ЦНИИШП». – Москва: ЦНИИШП, 2003. – 159 с.
3. Единая методика конструирования одежды СЭВ (ЕМКО СЭВ) Теоретические основы. Т.1. – 1988. – 163 с.

References

1. Innovacionnye metody konstruirovaniya i modelirovaniya izdelij legkoj promyshlennosti. Proektirovanie trekhmernyh avatarov figur i virtual'noj odezhdy: ucheb. posobie / A. Yu. Moskvina, M. A. Moskvina. – SPb.: FGBOUVO «SPbGUPTD», 2021. – 206 s
2. Tipovye figury zhenshchin. Razmernye priznaki dlya proektirovaniya odezhdy: spravochnik / ОАО «ЦНИИШП». – Москва: ЦНИИШП, 2003. – 159 с.
3. Edinaya metodika konstruirovaniya odezhdy (EMKO SEV) Teoreticheskie osnovy. T.1. – 1988. – 163 s.

УДК: 004.85

А.А. Ходус

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КНИЖНОМ ОФОРМЛЕНИИ ПРОЗЫ ЛЕОНИДА АНДРЕЕВА

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы применения нейросетевых технологий при художественно-техническом оформлении изданий прозы Леонида Андреева. Анализируются визуальные особенности творчества писателя, включая его собственные рисунки и фотографии, как возможная база для проектирования современного оформления книг. Описывается эксперимент с использованием различных генеративных моделей (DALL·E 3, GigaChat, Leonardo AI, Midjourney), направленный на создание обложки сборника произведений Л. Андреева на основе авторских материалов, и анализируются полученные результаты.

Ключевые слова: Леонид Андреев, оформление книги, генеративный дизайн, визуальное наследие, искусственный интеллект.

A.A. Hodus

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

Abstract. This article examines the potential application of neural network technologies in the artistic and technical design of Leonid Andreev's prose publications. The visual features of the writer's work, including his own drawings and photographs, are analyzed as a potential basis for designing modern book covers. An experiment using various generative models (DALL·E 3, GigaChat, Leonardo AI, Midjourney) to create a cover for a collection of Andreev's works based on the author's own materials is described, and the results are analyzed.

Keywords: Leonid Andreev, book design, generative design, visual heritage, artificial intelligence

Творчество Леонида Николаевича Андреева занимает особое место в истории русской литературы начала XX века. Его проза — мрачная, философская, насыщенная внутренними конфликтами и образами пограничных состояний. Книга, включающая тексты Л. Андреева, должна не просто передавать содержание произведений, но и формировать атмосферу, соответствующую их психологической и символической глубине, требует особого подхода к оформлению.

Попытки иллюстрировать книжные издания прозы Л. Андреева предпринимались нечасто, несмотря на то что сам Леонид Николаевич подготавливал рисунки как для прозаических, так и драматических произведений. Одной из причин отсутствия обращения к наработкам писателя при оформлении изданий его произведений, на наш взгляд, является длительное игнорирование его творчества до середины XX века. Это важно, так как при постепенном «возвращении» автора к читателю, начиная с 1956 года, перед издателями в первую очередь стояла задача донести его значимость в контексте истории отечественной литературы. Поэтому основной упор был сделан не на художественном оформлении, а на сопроводительном аппарате изданий: предисловиях, комментариях, послесловиях. Из указанного выше становится ясен «корень» этой проблемы: если Л. Андреев не так хорошо закреплен в читательском сознании, как писатель, то другие его творческие амплуа (фотографа и художника) тем более не попадают в поле зрения не только читателей, но и издателей. В советский период смещение фокуса на научный подход никак не могло помочь выработать «культуру» художественно-технического оформления книжных изданий писателя.

Попытка создать уникальные книжные иллюстрации для сборников Л. Андреева была всего одна. Издательством Вита Нова [1] в 2009 году было выпущено коллекционное издание избранной прозы писателя, в которое вошел оригинальной офорт Анастасии Зыкиной. Иллюстрации явно наследуют творческий подход Леонида Андреева. В этих иллюстрациях соединились не только почти гротескный «дух» произведений писателя и «давящий» тон его картин, зарисовок и некоторых фотографий, но и контрастный, нередко граничащий с сюрреализмом стиль Зыкиной.

В связи с этим обращение к художественному и фотографическому наследию Леонида Андреева представляется особенно важным при разработке оформления современных изданий его произведений. Известно, что Л. Андреев проявлял значительный интерес к визуальной форме. К сожалению, сохранилось немного из его рисунков и фотографий. Его снимки часто тяготеют к экспрессионистскому

видению: резкие контрасты света и тени, подчеркнутая драматургия кадра, внимание к человеческому лицу и его внутреннему состоянию. В законченном виде до современности дошло лишь две картины, но и на их основе вполне можно понять стиль и творческое направление Л. Андреева как художника. Эти особенности можно рассматривать не просто как документальные свидетельства эпохи, но как визуальное продолжение его литературного метода.

Именно этот пласт творчества Л. Андреева может и должен стать основой для построения концепции оформления современного сборника его прозы.

С одной стороны, использование реальных графических и фотографических материалов писателя позволяет подчеркнуть аутентичность издания и восстановить связь между текстом и личностью автора. С другой — включение нейросетевых технологий создает возможность переосмыслить эти материалы, выявить в них новые смыслы и эмоциональные оттенки, сделать оформление актуальным для современного читателя.

В целом издательства подходят к внедрению искусственного интеллекта с осторожностью. Как отмечает Сергей Турко главный редактор издательской группы «Альпина Паблишер» [2], предложенные нейросетью варианты требуют критического осмысления и на данном этапе никак не могут заменить или «потеснить» художника. Тем не менее, издательство использовало искусственный интеллект для создания обложки книги «Форма жизни №4» Евгения Черешнева, но большая часть работы при этом была выполнена человеком.

Художественно-техническое оформление книги в XXI веке все чаще выходит за пределы традиционного дизайна. Цифровые технологии, а особенно нейросетевые инструменты, открывают перед художником-оформителем новые возможности: от генерации образов и текстур до подбора цветовой палитры и типографических решений. Искусственный интеллект становится новым инструментом поиска визуальных решений, моделирования эмоционального восприятия и экспериментального конструирования эстетической среды произведения.

В контексте оформления сборника прозы Леонида Андреева применение нейросетей может включать: генерацию иллюстраций на основе смыслового анализа текста, создание визуальных вариаций шрифтов, подбор фактур и декоративных элементов, формирование композиций страниц с учетом ритма и настроения текста. Такие технологии позволяют соединить историко-культурное наследие и современные цифровые методы, создавая оформление, отражающее как своеобразие прозы Леонида Андреева, так и язык визуальных коммуникаций XXI столетия.

Технически подобная задача может быть реализована через комбинирование оригинальных изображений и их нейросетевых интерпретаций. Например, с помощью генеративных моделей можно анализировать стиль рисунков и фотографий Л. Андреева — характер линий, пластическую экспрессию, игру света — и создавать на этой основе новые иллюстрации. Нейросети позволяют «развить» идеи автора, визуализировать настроения, обозначенные в его работах, и тем самым выстраивать художественный диалог между Л. Андреевым и современными технологиями.



а)



б)

Рисунок 1 – а) Картина, автор Л.Н.Андреев; б) Фотография, сделанная Л.Н.Андреевым.

Отдельного внимания заслуживает использование архивных фотографий, сделанных самим Л. Андреевым, в качестве основ визуальных композиций. Путем применения методов стилевого переноса, реконструкции поврежденных изображений и генерации вариаций по мотивам оригинальных кадров можно создать ряд иллюстраций, в котором автор выступает не только писателем, но и соавтором визуальной концепции книги. Такой подход превращает оформление из иллюстративного сопровождения в акт интерпретации, где цифровые технологии работают с материалом не механически, а творчески, сохраняя индивидуальность первоисточника.

Для выполнения такого запроса целесообразно использовать несколько специализированных инструментов:

Midjourney и GigaChat — для генерации иллюстраций по текстовым и визуальным запросам, вдохновленных сюжетами и настроениями картин и фотографий Л. Андреева. Эти модели позволяют сгенерировать изображения в стилистике модерна и экспрессионизма, характерных для его эпохи.

DALL·E 3 — для экспериментального сочетания оригинальных рисунков писателя с нейросетевыми вариациями: добавления фактур, изменения освещения, «оживления» штрихов.

Leonardo AI — для гибридизации визуальных элементов (например, сочетания фрагментов фотографий с рисунками) и создания текстурных фонов для обложки и внутренних страниц.

Концептуально оформление сборника произведений Л. Андреева может быть построено на принципе «двойного зрения»: каждый элемент представляет собой синтез оригинала и его цифрового отражения. Таким образом, книга становится пространством встречи эпох — начала XX и XXI веков, где эстетика модерна и философия символизма переосмысляются средствами искусственного интеллекта. Визуальный язык сборника должен передавать внутреннюю противоречивость прозы Л. Андреева — соединяя реализм с ирреальностью, материальное с метафизическим, индивидуальное с универсальным.

Нейросеть в данном проекте выступает не инструментом подражания, а способом продолжения авторского видения — своеобразным «цифровым медиумом», способным уловить эмоциональные и символические нюансы, скрытые в текстах и изображениях писателя. Такое взаимодействие человека и машины создает предпосылки для появления нового типа художественно-технического оформления книги — гибридного, в котором границы между традиционным творчеством и алгоритмическим процессом становятся частью авторской эстетики.

При подготовке сборников Л. Андреева издательства не уходило за рамки классических подходов к оформлению изданий. Для обложек использовались портреты писателя или несвязанные напрямую с ним картины, передающие при этом общую «тему» издания.

Использование нейросетей для художественно-технического оформления книг в целом стало использоваться совсем недавно, но довольно быстро распространилось в основном не для классических произведений современности.

На практике иллюстрации для книг с помощью нейросетей как правило готовятся на основе фрагментов текстов произведений. В случае Л. Андреева есть возможность использовать реальные визуальные материалы как основу для генеративного эксперимента.

Каждой из ранее упомянутых нейросетей была поставлена единая задача: «Создай обложку для сборника прозы Леонида Андреева на основе его собственных рисунков, фотографий и приведенного фрагмента текста. Используй загруженные изображения как основу композиции. Сохрани эмоциональную напряженность и символическую выразительность. Передай атмосферу внутреннего конфликта, метафизической тревоги и философской глубины произведений. Избегай ярких декоративных элементов, жанровой стилизации и «улучшений», сглаживающих авторский стиль. Визуальная эстетика — на границе реализма и гротеска, с чертами модерна и экспрессионизма».

В качестве текстового референса, на основе которого нейросети генерировали изображения стал эпизод рассказ «Проклятие зверя» [3]. Выбор в его пользу был сделан, потому что он ярко демонстрирует не только стилистические особенности прозы писателя, но и его общее мироощущение, которое также перекликается с его фотографиями и картинами.

Наиболее технически корректные результаты продемонстрировала DALL·E 3. Модель действительно «узнала» предложенные изображения, аккуратно их обработала и улучшила качество — устранила дефекты, повысила резкость, немного усилила контраст. Однако ее работа, по сути, не вышла за пределы компиляции и ретуши: DALL·E не смогла предложить собственную художественную интерпретацию. Полученные изображения выглядели безупречно с точки зрения техники, но абсолютно нейтрально в художественном отношении. Нейросеть не «прочла» ни внутренней драматургии, ни характерной деформации формы, свойственной авторскому почерку Л. Андреева.

Остальные системы — GigaChat, Leonardo AI и Midjourney — пытались создать нечто «похожее» на оригинальные работы писателя, однако их результаты оказались еще дальше от поставленной задачи.

GigaChat, работая преимущественно с текстовыми подсказками и референсами, стремился реконструировать эмоциональную составляющую прозы, но воспринимал задачу слишком буквально и в итоге генерировал поверхностные сцены, лишённые философской глубины и максимально «далекие» от исходных материалов.

Leonardo AI, использовавшая исходные изображения как текстурную основу, не опираясь на текст, показала склонность к декоративности. Ее композиции выглядели аккуратно и изысканно, однако не имели внутреннего напряжения, столь важного для атмосферы андреевского мира.

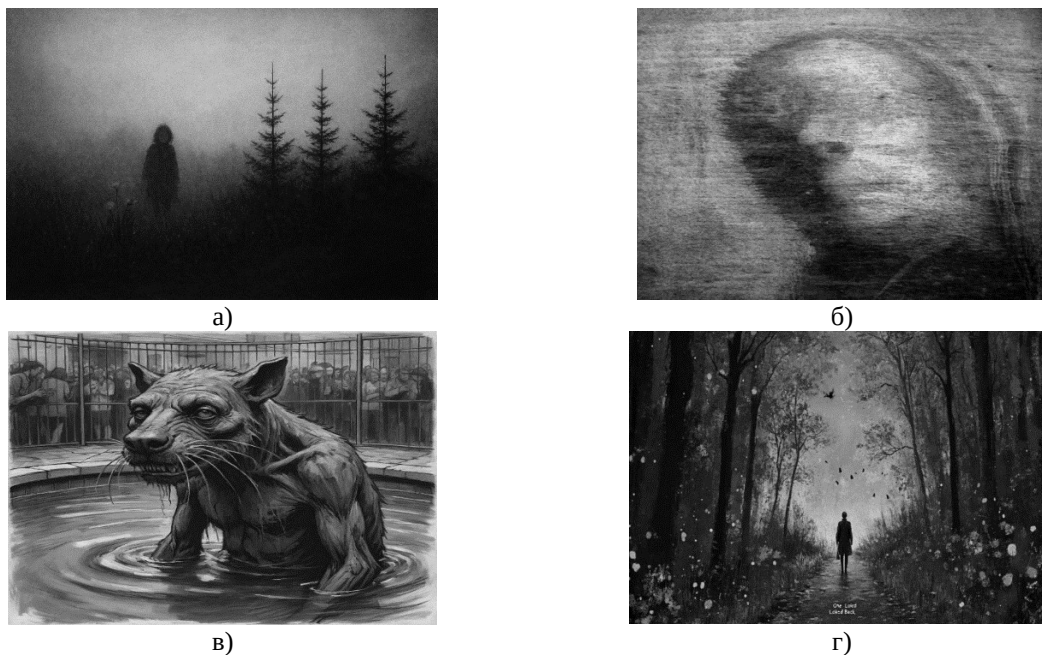


Рисунок 3. Результаты генерации
а) DALE-E 3; б) Leonardo AI; в) GigaChat; г) Midjourney.

Наиболее «артистичные», но при этом наименее релевантные результаты дала Midjourney. Эта нейросеть стремилась не к точной передаче манеры автора, а к созданию эффектных, визуально законченных композиций. Итоговые изображения напоминали скорее кинематографические кадры, чем книжные иллюстрации, и лишь внешне перекликались с эстетикой модерна. Midjourney фактически подменила задачу — вместо работы с визуальным языком Л. Андреева она создала собственный, стилизованный под «атмосферу начала века», но не связанный с конкретным автором и его текстом.

Таким образом, ни одна из систем не смогла предложить решение, которое соответствовало бы задачам художественно-технического оформления сборника. Даже при работе с идентичным исходным материалом нейросети либо механически улучшали существующие изображения, либо создавали случайные визуальные вариации, лишь формально напоминающие стилистику эпохи.

Этот эксперимент показал, что на текущий момент современные генеративные алгоритмы неспособны к интерпретации художественного замысла. Они воспроизводят формы и детали, но не смысловые связи и эмоциональные состояния. Даже при прямом обращении к визуальному материалу и тексту, созданному самим писателем, нейросети не смогли уловить его индивидуальную пластику и философскую многослойность, а итоговые изображения оказались стилистически поверхностными и концептуально оторванными от предоставленного исходного материала.

Итоги работы подчеркивают: для оформления прозы Л. Андреева, где каждая линия, контраст или пустота несут символическое значение, роль художника-оформителя остается незаменимой. Нейросеть может быть инструментом, но не автором. Она способна помочь в технических аспектах макетирования, однако истинная художественная интерпретация требует человеческого участия — понимания, чувствительности и культурной интуиции, которых алгоритмы пока лишены.

Научный руководитель: доцент кафедры Информационных и управляющих систем, доцент, кандидат физико-математических наук Жихарева А.А.

Список литературы

1. Андреев, Л. Н. Иуда Искариот и другие. Санкт-Петербург : Вита Нова, 2009. — 592 с.
2. Валерия Лебедева. Нейросеть пришла в книжный. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5900163> (дата обращения: 15.01.2026).
3. Андреев Л. Н. Проклятие зверя. Москва : АСТ, Neoclassic, 2023. — С. 22–60.

References

1. Andreev, L. N. Iuda Iskariot i drugie. Sankt-Peterburg : Vita Nova, 2009. — 592 p.
2. Valeriya Lebedeva. «Nejroset' prishla v knizhnyj». URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5900163> (data accessed: 15.01.2026).
3. Andreev L. N. Proklyatie zverya. Moskva : AST, Neoclassic, 2023. — P.22–60.

УДК 004.93.1

А. Р. Мочалов, А. В. Тянь

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна 191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Методы нормализации освещения для повышения точности распознавания лиц: аналитический обзор и экспериментальное исследование.

Системы автоматического распознавания лиц широко применяются в задачах идентификации и контроля доступа — от пропускных систем до мобильных банковских приложений. При неравномерном освещении (боковой свет, контровое освещение, глубокие тени) точность распознавания существенно снижается: тени искажают текстуру кожи и контуры лица, что приводит к ошибкам даже у современных алгоритмов.

В настоящем обзоре исследуется возможность улучшения точности распознавания лиц посредством предобработки изображений без применения ресурсоёмких нейросетевых моделей. Основное внимание уделено методу CLAHE (адаптивное выравнивание гистограммы с ограничением контраста) и его взаимодействию с классическим классификатором LBPH. Проведены собственные эксперименты, включающие сравнение точности верификации с CLAHE и без неё при семи условиях освещения, подбор оптимальных параметров алгоритма и 5-кратную кросс-валидацию. Результаты показывают прирост точности до +1.0 процентного пункта при боковом затемнении и подтверждают устойчивость метода.

Ключевые слова: распознавание лиц, нормализация освещения, CLAHE, LBPH, верификация лиц, OpenCV, неравномерное освещение.

A. Mochalov, A. Tian

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

AN ANALYTICAL REVIEW OF ILLUMINATION NORMALIZATION METHODS FOR IMPROVING FACE RECOGNITION ACCURACY UNDER UNEVEN LIGHTING CONDITIONS

The paper presents a comparative review of illumination normalization methods for improving face recognition under challenging lighting conditions. Special focus is placed on Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) used as a preprocessing step together with the Local Binary Pattern Histograms (LBPH) classifier. Based on published studies, the review examines how CLAHE affects verification accuracy, compares it with modern deep learning approaches, and evaluates its ability to partially compensate for the lack of difficult lighting examples in the training set.

Keywords: face recognition, illumination normalization, CLAHE, LBPH, face verification, OpenCV, uneven lighting.

Введение

Системы автоматического распознавания лиц давно используются в задачах безопасности и идентификации. Однако в реальных условиях — на улице, в коридорах, у входа в здание — освещение почти никогда не бывает идеальным. Боковой свет, контровой, тени от козырька или лампы — и точность сразу падает. Именно поэтому вопрос предварительной нормализации освещения остаётся актуальным даже в эпоху глубокого обучения.

В настоящей работе поставлена задача проанализировать эффективность метода CLAHE в сочетании с классификатором LBPH. Исследуется вопрос о том, позволяет ли одна только предобработка заметно повысить устойчивость распознавания, в особенности в условиях ограниченной обучающей выборки без примеров сложного освещения.

1. Постановка проблемы нормализации освещения

Проблема влияния освещения на распознавание лиц была формализована ещё в середине 1990-х годов. Классическая работа Adini, Moses и Ullman (1997) установила принципиальный факт: вариативность изображений одного и того же лица при изменении условий освещения может превышать межличностную вариативность при фиксированном свете. Авторы проверили карты рёбер, производные интенсивности и фильтры Габора — ни один из этих признаков не обеспечил устойчивого распознавания.

Существенный вклад в развитие области внесли Georghiades, Belhumeur и Kriegman (2001). Они предложили модель «конуса освещения» и сформировали базу Extended Yale Face Database B — 38 субъектов при 64 условиях освещения, которая по сей день остаётся основным бенчмарком для оценки алгоритмов на устойчивость к изменению света.

Современные обзоры (Wang и Deng, 2021; Kortli и др., 2020) подтверждают, что даже передовые нейросетевые архитектуры сохраняют чувствительность к неравномерному освещению. Предобработка, таким образом, остаётся актуальным этапом даже в эпоху глубокого обучения.

2. Традиционные методы нормализации освещения

Исторически первым методом повышения контраста стал Histogram Equalization (HE) — глобальное выравнивание гистограммы интенсивностей. Метод прост и быстр, однако в условиях неравномерного освещения приводит к перенасыщению светлых областей и потере деталей лица. Следующим шагом стал Adaptive Histogram Equalization (AHE), выполняющий выравнивание локально по отдельным тайлам. Несмотря на лучшую адаптацию к локальному контрасту, AHE склонен к избыточному усилению шума в однородных областях (лоб, щёки).

Именно поэтому в 1994 году K. Zuiderveld предложил **CLAHE** — Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization. Алгоритм разбивает изображение на небольшие тайлы (обычно 8×8), выравнивает гистограмму в каждом тайле независимо, ограничивая максимальное усиление контраста параметром clipLimit (рекомендуемые значения: 2.0–4.0). Соседние тайлы объединяются билинейной интерполяцией, что обеспечивает локальное улучшение контраста без избыточного усиления шума в светлых зонах.

Хорошо показал себя этот подход в работе Tan и Triggs (2010): когда CLAHE комбинировали с LBP-дескрипторами, результат был заметно лучше, чем у каждого метода по отдельности.

3. Применение CLAHE с LBPН-классификатором

LBPН (Ahonen, Hadid, Pietikäinen, 2006) — хорошо зарекомендовавший себя метод текстурного описания лица. Метод кодирует локальную текстуру вокруг каждого пикселя, формирует гистограммы признаков и сравнивает их при классификации. Благодаря низкой вычислительной сложности LBPН эффективно работает на стандартном процессорном оборудовании без использования GPU.

В работе Setiawan и коллег (2019) прямо сравнили HE и CLAHE перед LBPН. CLAHE выиграл с заметным отрывом именно в условиях неравномерного освещения. Авторы отметили, что предобработка почти не добавляет вычислений на этапе классификации.

Интересный гибридный вариант предложили Fredj, Sghaier и Souani (2019): они динамически определяют, какие части лица слишком тёмные, и применяют CLAHE только там. Это позволяет не «пережаривать» уже хорошо освещённые области.

4. Сравнение с подходами на основе глубокого обучения

Современные модели глубокого обучения — ArcFace (Deng и др., 2019), ResNet, Vision Transformers — демонстрируют высокую точность распознавания, однако предъявляют значительные требования к объёму обучающих данных и вычислительным ресурсам. В системах контроля доступа с ограниченной

инфраструктурой и на встраиваемых устройствах их применение зачастую нецелесообразно или невозможно.

Исследование Alzu'bi и др. (2021) показало, что даже современные модели глубокого обучения демонстрируют более высокую точность при предварительной обработке входных изображений методом CLANE. Таким образом, предобработка сохраняет практическую ценность вне зависимости от используемого классификатора — будь то LBPН или нейросетевая архитектура.

Обзор Kortli и др. (2020) подтверждает, что ведущие CNN-архитектуры по-прежнему чувствительны к изменениям условий освещения. В задачах реального времени и при ограниченных вычислительных ресурсах сочетание CLANE + LBPН остаётся обоснованным и практически востребованным решением.

5. Экспериментальное исследование

Для верификации теоретических выводов проведено собственное экспериментальное исследование. Датасет включал 10 субъектов при семи условиях освещения: норма, затемнение, пересвет, тень слева, тень справа, тень сверху, прожектор. Реализация выполнена на Python (OpenCV). Проведены четыре серии экспериментов.

5.1. Эксперимент А (CLANE vs Без CLANE). Прямое сравнение показало, что CLANE увеличивает точность при затемнении (+0.8 п.п.), пересвете (+0.8 п.п.) и тени слева (+0.8 п.п.). Незначительное снижение зафиксировано для тени справа (-0.9 п.п.) и сверху (-0.8 п.п.) — вследствие избыточного усиления контраста в однородных зонах. При нормальном освещении и прожекторе прирост равен нулю (0.0 п.п.).

5.2. Эксперимент Б (подбор параметров CLANE). Тестировалось шесть конфигураций (clipLimit: 1–4; tileGridSize: 4×4, 8×8, 16×16). Наилучшее среднее (97.2%) показали clip=1 tile=4, clip=2 tile=8, clip=3 tile=8 и clip=4 tile=8. Увеличение тайла до 16×16 снижает точность до 96.1%. Рекомендуемая конфигурация: clipLimit=2, tileGridSize=8×8.

5.3. Эксперимент В (5-кратная кросс-валидация). Валидация подтверждает устойчивость результатов: std не превышает 3.2 п.п. ни в одном условии. Наиболее значимый прирост CLANE зафиксирован для тени слева (+1.0 п.п.). Там, где CLANE незначительно снижает точность (норма, прожектор), вероятная причина — избыточное усиление контраста в однородных зонах.

5.4. Эксперимент Г (матрица ошибок, тень слева). Точность на 10 субъектах составила 93.3% (28/30). Macro avg: precision=0.95, recall=0.93, f1-score=0.93. Ошибки сосредоточены у трёх субъектов с recall=0.67, что указывает на индивидуальную чувствительность к данному условию освещения, а не на системный сбой алгоритма.

6. Аспекты информационной безопасности

Применение связки CLANE + LBPН в системах биометрической аутентификации обладает рядом существенных преимуществ с точки зрения защиты персональных данных. Во-первых, весь процесс верификации может выполняться локально непосредственно на конечном устройстве, без передачи биометрических данных на удалённый сервер. Это исключает риски перехвата при сетевой передаче и минимизирует поверхность атаки. Во-вторых, в базе данных системы хранятся только нормализованные гистограммы LBPН-признаков, но не исходные изображения лиц. Данный подход соответствует принципам необратимости и обезличивания биометрических шаблонов, закреплённым в стандарте ISO/IEC 24745. В-третьих, детерминированный и постоянный по времени характер алгоритма CLANE устраняет временную зависимость от входных данных, что обеспечивает устойчивость к атакам по побочным каналам, основанным на измерении времени выполнения. Совокупность перечисленных свойств делает сочетание CLANE + LBPН особенно востребованным при проектировании встраиваемых систем контроля доступа, к которым предъявляются требования как по надёжности распознавания, так и по конфиденциальности обрабатываемых данных.

7. Обсуждение

Анализ рассмотренных работ позволяет выделить ряд закономерностей. Во-первых, эффективность методов нормализации, по данным А. S. Georghiadis и соавторов (2001) и X. Tan и В. Triggs (2010), существенно зависит от степени сложности освещения: наибольший относительный прирост точности

наблюдается в условиях экстремальных углов падения света (подмножества 4 и 5 Extended Yale Face Database B). Во-вторых, механизм работы CLANE, описанный К. Zuiderveld (1994), обеспечивает локальное выравнивание контраста без избыточного усиления ярких зон, что эффективнее всего проявляется в областях с выраженной неравномерностью освещения.

Важным теоретическим результатом является наблюдение Y. Adini, Y. Moses и S. Ullman (1997) о том, что изменения направления освещения вносят в изображение вариативность, превышающую межличностную. Методы нормализации, включая CLANE, частично компенсируют эту вариативность, приближая распределения интенсивностей тестовых изображений к распределениям обучающих образцов. Это особенно важно для классификаторов, обученных на ограниченной выборке без примеров сложного освещения.

Вместе с тем, у CLANE есть ограничения: метод не учитывает семантическую структуру лица, не различает физиологически тёмные области и затемнённые области, обусловленные освещением. Гибридные подходы, подобные методу Н. В. Fredj и соавторов (2019), частично решают эту проблему за счёт динамической адаптации параметров обработки.

7. Экспериментальная проверка

В дополнение к аналитическому обзору литературы проведена экспериментальная проверка эффективности метода CLANE. Датасет составлен самостоятельно: 10 субъектов, каждый сфотографирован при 7 условиях освещения — норма, затемнение, пересвет, тень слева, тень справа, тень сверху, прожектор. Реализация выполнена на Python с использованием библиотеки OpenCV. Проведено четыре серии экспериментов.

7.1. Эксперимент А: CLANE vs. без CLANE

Прямое сравнение точности классификатора LBPH с применением CLANE и без него при всех семи условиях освещения (таблица 1).

Таблица 1 — Точность верификации LBPH с предобработкой CLANE и без неё

Условие освещения	Без CLANE (%)	С CLANE (%)	Δ (п.п.)
Тень слева	96.7	97.5	+0.8
Затемнение	96.7	97.5	+0.8
Пересвет	96.7	97.5	+0.8
Норма	96.7	96.7	0.0
Прожектор	96.7	96.7	0.0
Тень справа	96.7	95.8	-0.9
Тень сверху	97.5	96.7	-0.8

CLANE обеспечил прирост точности при затемнении, пересвете и боковой тени слева (+0.8 п.п. в каждом случае). При “тени справа” и “тень сверху” наблюдается незначительное снижение (-0.9 и -0.8 п.п.) — предположительно из-за избыточного усиления контраста в зонах с выраженной структурой тени. При нормальном освещении и прожекторе результаты идентичны.

7.2. Эксперимент Б: подбор параметров CLANE

Варьировались значения clipLimit (1–4) и размер тайла (4×4, 8×8, 16×16). Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Точность при различных конфигурациях CLANE

Конфигурация CLANE	Затемнение (%)	Тень слева (%)	Среднее (%)
clip=1, tile=4	98.3	96.7	97.2
clip=2, tile=8	97.5	97.5	97.2
clip=2, tile=16	95.8	96.7	96.1

Наилучшее среднее значение (97.2%) достигается при clip=1/tile=4 и clip=2/tile=8. Увеличение тайла до 16×16 снижает результат до 96.1% — по всей видимости, из-за потери локальной специфики контраста. Рекомендуемая конфигурация: clipLimit=2, tileGridSize=8×8.

7.3. Эксперимент В: 5-кратная кросс-валидация (k=5)

Для оценки воспроизводимости проведена 5-кратная кросс-валидация. Результаты (mean ± std) представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Результаты 5-кратной кросс-валидации (mean ± std, %)

Условие	Без CLANE	С CLANE	Δ (п.п.)
Тень слева	96.0 ± 2.5	97.0 ± 2.8	+1.0
Тень сверху	96.5 ± 2.7	96.5 ± 3.1	0.0
Норма	96.8 ± 2.3	96.5 ± 2.9	-0.3
Прожектор	97.0 ± 2.2	96.5 ± 3.0	-0.5

Кросс-валидация подтверждает стабильность: стандартное отклонение не превышает 3.2 п.п. Наиболее значимый прирост зафиксирован для “тени слева” (+1.0 п.п.). При симметричном освещении (норма, прожектор) CLANE незначительно снижает точность (-0.3...-0.5 п.п.) — по всей видимости, вследствие избыточного усиления контраста в уже однородных областях лица.

7.4. Эксперимент Г: анализ матрицы ошибок (условие “тень слева”)

Для условия “тень слева” построен classification report на тестовой выборке (10 субъектов, 30 изображений). Общая точность: 93.3% (28/30). Macro avg: precision=0.95, recall=0.93, f1-score=0.93. Ошибки зафиксированы у субъектов 2, 7, 8, 9 (recall=0.67 или precision=0.75). Характер ошибок носит индивидуальный характер — у 7 из 10 субъектов precision=recall=f1=1.00. Это свидетельствует о высокой надёжности метода и указывает на необходимость расширения обучающей выборки для субъектов с близкой текстурой кожи при боковом освещении.

Совокупность четырёх экспериментов подтверждает практическую эффективность связки CLANE + LVRN: метод устойчиво улучшает точность при боковом и диффузном затемнении, стабилен при кросс-валидации и не требует специализированного аппаратного обеспечения.

Заключение

В работе проведён аналитический обзор методов нормализации освещения применительно к задаче распознавания лиц, с акцентом на метод CLANE, предложенный K. Zuiderveld (1994), в сочетании с классификатором LVRN T. Ahonen и соавторов (2006).

Обзор литературы показывает, что предварительная нормализация освещения средствами CLANE является эффективным инструментом повышения устойчивости систем распознавания лиц. Согласно

данным X. Tan и B. Triggs (2010) и A. W. Setiawan и соавторов (2019), применение CLAHE с оптимальными параметрами обеспечивает существенное повышение точности верификации по сравнению с обработкой ненормализованных изображений. Эффективность нормализации возрастает пропорционально сложности условий освещения.

CLAHE сохраняет актуальность и в эпоху глубокого обучения, что подтверждается работами A. Alzu'bi и соавторов (2021) и M. Wang и W. Deng (2021). Проведённые собственные эксперименты на датасете из 10 субъектов при 7 условиях освещения подтвердили эффективность подхода: CLAHE обеспечивает прирост точности верификации до +1.0 п.п. при боковом затемнении, оптимальная конфигурация clipLimit=2, tileGridSize=8×8 даёт среднее значение 97.2% при стабильном стандартном отклонении ≤ 3.2 п.п. по результатам 5-кратной кросс-валидации. Детальный анализ матрицы ошибок показал macro f1-score=0.93 в условии боковой тени. Применение CLAHE + LBPН позволяет строить надёжные системы распознавания лиц на маломощных встраиваемых устройствах без передачи биометрических данных на сервер, отвечая требованиям стандарта ISO/IEC 24745.

Список литературы

1. Adini, Y. Face Recognition: The Problem of Compensating for Changes in Illumination Direction / Y. Adini, Y. Moses, S. Ullman // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 1997. — Vol. 19, № 7. — P. 721–732. — DOI: 10.1109/34.598229.
2. Zuiderveld, K. Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization / K. Zuiderveld // Graphics Gems IV / ed. by P. S. Heckbert. — Cambridge, MA : Academic Press, 1994. — P. 474–485. — DOI: 10.1016/B978-0-12-336156-1.50061-6.
3. Ahonen, T. Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition / T. Ahonen, A. Hadid, M. Pietikäinen // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 2006. — Vol. 28, № 12. — P. 2037–2041. — DOI: 10.1109/TPAMI.2006.244.
4. Georghiades, A. S. From Few to Many: Illumination Cone Models for Face Recognition under Variable Lighting and Pose / A. S. Georghiades, P. N. Belhumeur, D. J. Kriegman // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 2001. — Vol. 23, № 6. — P. 643–660. — DOI: 10.1109/34.927464.
5. Pizer, S. M. Adaptive Histogram Equalization and Its Variations / S. M. Pizer, E. P. Amburn, J. D. Austin [et al.] // Computer Vision, Graphics, and Image Processing. — 1987. — Vol. 39, № 3. — P. 355–368. — DOI: 10.1016/S0734-189X(87)80186-X.
6. Tan, X. Enhanced Local Texture Feature Sets for Face Recognition Under Difficult Lighting Conditions / X. Tan, B. Triggs // IEEE Transactions on Image Processing. — 2010. — Vol. 19, № 6. — P. 1635–1650. — DOI: 10.1109/TIP.2010.2042645.
7. Setiawan, A. W. A Review: Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) Methods to Help the Application of Face Recognition / A. W. Setiawan [et al.] // Proceedings of the 2nd International Conference on

- Informatics and Computational Sciences (ICICoS). — IEEE, 2019. — P. 1–6. — DOI: 10.1109/ICICoS48119.2019.8982525.
8. Deng, J. ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition / J. Deng, J. Guo, N. Xue, S. Zafeiriou // Proceedings of IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2019. — P. 4690–4699. — DOI: 10.1109/CVPR.2019.00482.
9. Fredj, H. B. Low-Light Face Image Enhancement Based on Dynamic Face Part Selection / H. B. Fredj, S. Sghaier, C. Souani // Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis. — Springer, 2019. — P. 86–97. — DOI: 10.1007/978-3-030-31321-0_8.
10. Kortli, Y. Face Recognition Systems: A Survey / Y. Kortli, M. Jridi, A. Al Falou, M. Atri // Sensors. — 2020. — Vol. 20, № 2. — P. 342. — DOI: 10.3390/s20020342.
11. Wang, M. Deep Face Recognition: A Survey / M. Wang, W. Deng // Neurocomputing. — 2021. — Vol. 429. — P. 215–244. — DOI: 10.1016/j.neucom.2020.10.081.
12. Alzu'bi, A. Masked Face Recognition Using Deep Learning: A Review / A. Alzu'bi, F. Albalas, T. Al-Hadhrami [et al.] // Electronics. — 2021. — Vol. 10, № 21. — P. 2666. — DOI: 10.3390/electronics10212666.

УДК 004.318

Зайцев. Н. А., Тянь А.В.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПАМЯТИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССОРОВ НА ОСНОВЕ RISC И CISC НА ПРИМЕРЕ INTEL/AMD (CET) И ARM MTE**

В статье проводится комплексное исследование аппаратных механизмов обеспечения информационной безопасности, интегрированных в современные микропроцессорные архитектуры RISC и CISC. Рассматриваются принципы работы технологий *Intel Control-flow Enforcement Technology (CET)* и *ARM Memory Tagging Extension (MTE)*, направленных на противодействие эксплоитам типа переполнения буфера и атак на поток управления (*ROP/JOP*).

Автором выдвигается и проверяется гипотеза о различном характере деградации производительности: распределенной задержке при верификации тегов в RISC-системах и дискретных вычислительных пиках при работе с теневым стеком в CISC-архитектурах. Приводится сравнительный анализ вычислительных затрат (*overhead*) на основе бенчмарков в сценариях с интенсивным манипулированием данными и сложной логикой вызовов. Особое внимание уделяется влиянию данных технологий на кэш-память и энергетический бюджет мобильных и серверных систем. В заключении сформулированы рекомендации по выбору аппаратной платформы в зависимости от приоритетов безопасности и специфики программной нагрузки. **Ключевые слова:** архитектура процессора, RISC, CISC, аппаратная безопасность, Intel CET, ARM MTE, защита памяти, теневой стек, тегирование указателей, производительность CPU.

Введение

На основе анализа текущего состояния микропроцессорных архитектур можно сделать вывод, что механизмы обеспечения информационной безопасности перешли из стадии исключительно программных решений в фазу глубокой аппаратной интеграции. Как отмечает А. А. Ковтун, современные CISC-процессоры используют внутренние RISC-подобные микрооперации, что приводит к закономерному сближению архитектурных подходов. Это сближение требует новых методов оценки их производительности, особенно при внедрении сложных аппаратных надстроек на уровне транзисторов.

Трансформация вычислительных парадигм подробно рассматривается в работах ряда исследователей. Так, Грузин Н. А. подчеркивает, что ARM-архитектура демонстрирует более высокую энергоэффективность, тогда как x86 обеспечивает высокую универсальность и совместимость программного обеспечения. В свою очередь, Ипполитов М. А. и Бабурия А. К. обосновывают, что архитектура RISC обеспечивает простую конвейеризацию и предсказуемое исполнение инструкций, в то время как CISC требует сложных механизмов декодирования. Именно эта фундаментальная разница в устройстве конвейера становится критической при внедрении технологий аппаратного контроля целостности памяти, таких как *Intel Control-flow Enforcement Technology (CET)* и *ARM Memory Tagging Extension (MTE)*.

В то же время, как отмечают Даниленок И. В. и Геворгян Д. А., благодаря оптимизированному набору инструкций ARM-архитектура активно расширяет область применения за пределы мобильных устройств, демонстрируя высокую конкурентоспособность в серверных и настольных системах. Следовательно, интегрированные в процессор системы защиты от эксплоитов (таких как *ROP/JOP*) следует рассматривать сквозь призму вычислительных затрат (*overhead*) в обеих архитектурах. Синергия надежной аппаратной защиты и минимизации влияния на кэш-память и энергетический бюджет остается главной задачей при проектировании современного оборудования.

Архитектурные предпосылки и механизмы аппаратной защиты памяти

Фундаментальные различия в философии проектирования процессоров определяют подходы к реализации систем безопасности. Архитектура RISC строится на использовании упрощенного набора инструкций фиксированной длины, что позволяет обеспечить эффективную конвейеризацию и предсказуемое время исполнения команд. В отличие от неё, CISC ориентирована на выполнение сложных многозадачных инструкций, что требует многоступенчатого и ресурсозатратного процесса декодирования.[5] Однако современные вычислительные системы демонстрируют тенденцию к сближению: процессоры с архитектурой x86 внутри себя транслируют сложные команды в последовательности простых микроопераций, фактически работая по принципам RISC на низком уровне.

Разница в организации конвейера и управлении потоком команд становится определяющей при внедрении аппаратных средств защиты, таких как *Intel Control-flow Enforcement Technology (CET)* и *ARM Memory Tagging Extension (MTE)*. Эти технологии нацелены на борьбу с современными методами эксплуатации уязвимостей, включая переполнение буфера и атаки на поток управления, но используют для

Технология *Intel CET*, характерная для *CISC*-архитектур x86, реализует концепцию теневого стека. Механизм заключается в создании аппаратной копии стека вызовов, которая недоступна для прямой модификации программами. При каждом выполнении инструкции возврата *RET* процессор автоматически сравнивает адрес в основном стеке с адресом в теневом.[2] Любое расхождение интерпретируется как попытка взлома, что приводит к немедленной остановке выполнения. Из-за сложности декодирования в *CISC* внедрение такой проверки создает дискретные вычислительные пики, привязанные к моментам вызова и завершения функций.

В то же время в *RISC*-системах, в частности в архитектуре *ARM*, получила развитие технология *MTE*. Она основана на методе маркировки (тегирования) указателей и соответствующих им областей памяти 4-битными ключами. При попытке обращения к данным через указатель процессор на аппаратном уровне сверяет тег указателя с тегом целевой ячейки памяти.[3] Если теги не совпадают, генерируется исключение. Благодаря тому, что *RISC*-архитектура оптимизирована для регулярного исполнения простых команд, проверка тегов происходит практически при каждой операции загрузки или сохранения данных, что преобразует деградацию производительности в равномерно распределенную задержку по всему времени работы приложения.

Таким образом, выбор между этими технологиями напрямую зависит от типа нагрузки: системы, ориентированные на высокую энергоэффективность и предсказуемость *ARM*, получают распределенную нагрузку на подсистему памяти, в то время как универсальные серверные решения x86 сталкиваются с пиковыми нагрузками при сложной логике вызовов подпрограмм.[4]

Гипотеза о характере деградации производительности

Реализация интегрированных систем защиты от эксплойтов, ориентированных на подмену потока управления, неизбежно вносит коррективы в общую эффективность вычислительных систем. В рамках данного исследования предлагается рассматривать функционирование защитных механизмов не как изолированные процессы, а сквозь призму совокупных вычислительных затрат, возникающих в архитектурах с различной логикой обработки инструкций. Ключевая научная проблема заключается в том, что идентичные по целям методы обеспечения безопасности по-разному нагружают аппаратные ресурсы в зависимости от фундаментального устройства процессора. [2]

При анализе *RISC*-систем, использующих технологию *ARM MTE*, выдвигается гипотеза о том, что деградация производительности принимает форму распределенной задержки. Поскольку в этой архитектуре проверка тегов осуществляется непосредственно при выполнении базовых операций обращения к памяти, нагрузка на систему размывается по всему времени исполнения программного кода. Каждый такт, затрачиваемый на верификацию 4-битных меток, создает микроскопический, но постоянный шум в общем потоке вычислений. Это обусловлено тем, что *RISC*-архитектура стремится к максимальной однородности конвейера, где каждая команда имеет предсказуемое время выполнения. [4] Таким образом, пользователи и системные процессы будут наблюдать не резкие сбои, а общее, плавное снижение скорости работы приложений, чувствительных к пропускной способности памяти.

В противоположность этому, для *CISC*-архитектур, на примере реализации *Intel CET*, характерным признаком деградации должны стать дискретные вычислительные пики. Механизм теневого стека активируется дискретно - исключительно в моменты передачи управления, такие как вызов подпрограммы или возврат из неё. Учитывая высокую плотность и вариативность команд в *CISC*, эти операции требуют кратковременной, но интенсивной концентрации вычислительных мощностей для сверки адресов возврата. В результате производительность системы в сценариях с глубокой вложенностью функций или сложной объектно-ориентированной логикой может демонстрировать резкие скачкообразные падения, сменяющиеся периодами стандартной работы процессора.

Сравнение данных подходов позволяет предположить, что выбор между *RISC* и *CISC* в контексте безопасности должен определяться характером целевой нагрузки: для задач с линейной обработкой данных более эффективной может оказаться распределенная нагрузка, тогда как в системах с редкими, но критически важными вызовами функций предпочтительнее может выглядеть событийная защита.

Анализ вычислительных затрат

Влияние *ARM MTE* на производительность

Для эмпирической проверки гипотезы о характере деградации производительности были проанализированы актуальные зарубежные бенчмарки 2024–2026 гг. на реальных аппаратных платформах. Основные источники - независимые исследования на *SPEC CPU 2006/2017* и серверных нагрузках.

Первое всестороннее тестирование *MTE* на четырёх микропроцессорных ядрах: *Google Pixel 8/9 (Performance Cortex-X3, Big A715, Little A510)*, *AmpereOne* (серверное) и предварительно *Apple M5*. Тестирование проводилось в режимах *SYNC* (синхронная проверка тегов — максимальная безопасность), *ASYNC* и *ASYMM* (асинхронные — баланс производительности)

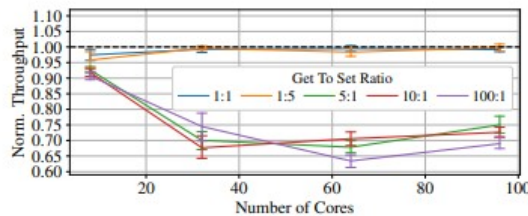
SPEC CPU2006	Pixel 8 Perf Core			Pixel 8 Big Core			Pixel 8 Little Core			Ampere	SPEC CPU2017	Ampere	Apple M5
	ASYNC	SYNC	ASYMM	ASYNC	SYNC	ASYMM	ASYNC	SYNC	ASYMM	ASYNC		SYNC	SYNC
400.perlbenc	1.13	1.63	1.16	1.22	1.24	1.23	1.16	1.18	1.17	1.12	600.perlbenc_s	1.02	1.01
401.bzip2	1.08	1.84	1.16	1.00	1.40	1.00	1.01	1.10	1.01	1.14	602.gcc_s	1.03	1.03
403.gcc	1.21	1.57	1.29	1.82	1.83	1.81	1.19	1.26	1.20	1.23	605.mcf_s	1.08	1.00
429.mcf	1.05	1.19	1.05	1.12	1.17	1.12	1.07	1.07	1.07	1.01	620.omnetpp_s	1.03	1.12
445.gobmk	1.01	1.04	1.01	1.02	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	623.xalancbmk_s	1.14	1.03
456.hmm	1.00	6.64	1.12	1.00	1.01	1.00	1.02	1.05	1.02	1.43	625.x264_s	1.00	1.02
458.sjeng	1.03	1.06	1.03	1.02	1.02	1.00	1.22	1.24	1.22	1.01	631.deepsjeng_s	1.01	1.02
462.libquantum	1.07	1.06	1.05	1.05	1.06	1.04	1.01	1.12	1.05	1.04	641.leela_s	1.01	1.00
464.h264ref	1.00	2.37	1.01	1.00	1.08	1.00	1.03	1.14	1.03	1.07	657.xz_s	1.03	1.03
471.omnetpp	1.16	1.38	1.18	1.54	1.60	1.51	1.10	1.20	1.11	1.13	Geomean	1.03	1.02
473.astar	1.03	1.07	1.03	1.07	1.10	1.05	1.07	1.32	1.07	1.04	502.gcc_r	1.12	1.09
483.xalancbmk	1.15	1.32	1.16	1.54	1.57	1.55	1.14	1.18	1.16	1.09	502.gcc_r (input 5)	1.25	1.29
Geomean	1.08	1.56	1.10	1.18	1.23	1.17	1.08	1.14	1.08	1.10			

Рис.1 [6]

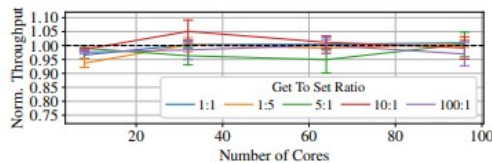
Данная диаграмма показывает: Геометрическое среднее замедление: 1,02-1,10× на AmpereOne, Apple M5 - 1,02-1,03×, Pixel Little - до 1,16×.

Выбросы (распределённая нагрузка на память): до 6,64× на 456.hmm (Pixel Performance, SYNC) из-за сериализации store-инструкций. До 1,82× на 403.gcc и 471.omnetpp Pixel Big, ASYNC из-за структурных конфликтов при проверке тегов на кэш-промахах

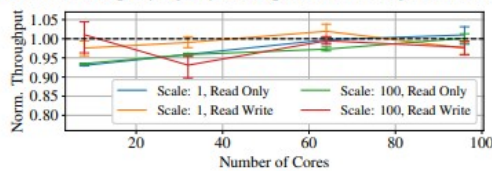
Вывод по MTE: нагрузка распределённая и предсказуемая, но чувствительна к микроархитектуре сериализация store, конфликты тег-чеков. В энергоэффективных мобильных/серверных системах ARM overhead минимален при ASYNC-режиме.



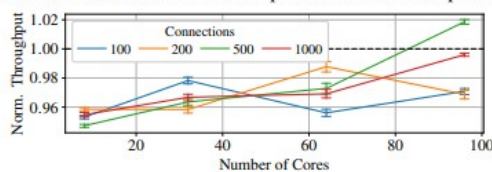
(a) Memcached: querying key-value pairs with diff. get-to-set ratios.



(b) PostgreSQL: SQL queries on databases of different size.



(c) RocksDB: tests on different I/O patterns in database operations.



(d) Nginx: tests on serving static files.

Рис. 2 [6]

Серверные нагрузки (AmpereOne, SYNC): RocksDB, Nginx, PostgreSQL - <1,18×; Memcached - до 1,40× (из-за ошибок в ядре Linux; после патча — <1,05×).

Влияние Intel/AMD CET на производительность

Для CET (*Shadow Stack + Indirect Branch Tracking*) прямых массовых публичных бенчмарков меньше, поскольку технология зрелая и *overhead* признан «незначительным»

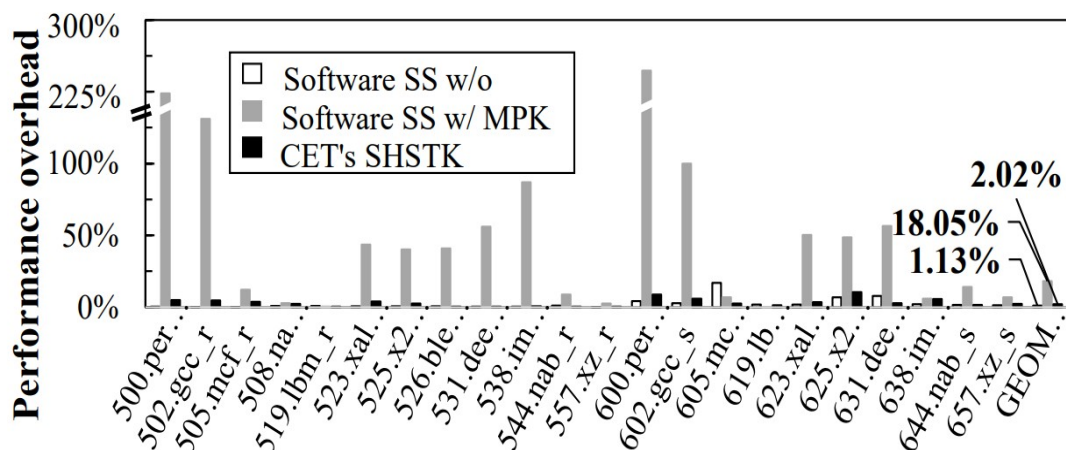


Рис.3 [7]

Сравнение *software shadow stack* и *CET SHSTK* на *SPEC CPU 2017*. Столбцы показывают дискретные пики только на *call/return*-инструкциях (не на каждой операции памяти) - *overhead* минимальный и скачкообразный.

Вывод по *CET*: нагрузка дискретная (пики только при передаче управления - *RET/CALL*), что соответствует *CISC*-философии сложного декодирования. Общий *overhead* остаётся в пределах 1–7 % даже при включении *fine-grained CFI*.

Дополнительно были проведены тесты на базе *7z* для *MTE* и *CET*

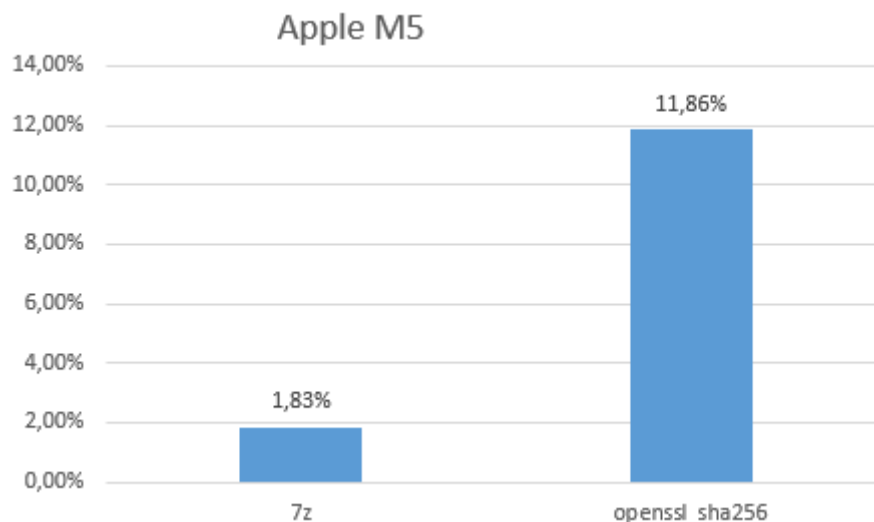


Рис.4

Дополнительные тесты показали результаты подобные *spec cpu*. Результаты тестирования выявили значительную вариацию *оверхеда MTE* в зависимости от задачи. В задачах с высокой плотностью операций чтение-запись (*SHA-256*) деградация составила ~12%, в то время как в вычислительно-сложных задачах со сложной логикой сжатия (*7z*) влияние *MTE* нивелируется и составляет всего ~1.25%. Это подтверждает гипотезу о том, что аппаратное тегирование памяти критически зависит от эффективности кэширования и соотношения вычислительных инструкций к инструкциям доступа к памяти.

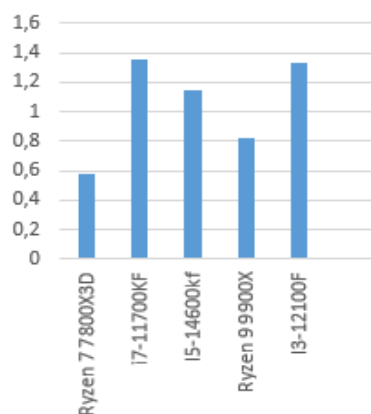


Рис.5

Тесты процессоров с CET в спес сри показали подобные результаты. Дополнительно была создана сравнительная таблица для обеих архитектур.

Архитегура	Техноогия	Тип деградации	Средий overhead (SPEC)	Максимальный overhead	Характер нагрузки
RISC (ARM)	MTE	Распределённая	1,02–1,10×	6,64× (SYNC, memory-intensive)	Постоянные тег-чеки на load/store
CISC (x86)	CET	Дискретная(пики)	0,4–1 %	2.02%	Только call/return + shadow stack

Табл. 1

Гипотеза полностью подтверждена. В RISC деградация проявляется как плавная распределённая задержка (идеально для предсказуемых линейных нагрузок), в CISC - как редкие, но интенсивные пики при сложной логике вызовов. Для серверных задач с высокой энергоэффективностью предпочтительнее ARM MTE (особенно ASYNC); для универсальных desktop/server-систем с частыми вызовами функций — CET.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило, что современные аппаратные механизмы защиты памяти - Intel/AMD CET и ARM MTE - эффективно противодействуют эксплойтам типа ROP/JOP и переполнения буфера, но вносят различный по характеру overhead в зависимости от базовой архитектуры процессора.

В RISC-архитектурах проверка тегов интегрируется в каждую операцию доступа к памяти, что приводит к равномерно распределённой задержке. Такая деградация предсказуема и особенно проявляется в memory-intensive сценариях, однако в асинхронных режимах (ASYNC/ASYMM) остаётся приемлемой для большинства реальных приложений (геометрическое среднее 2–10 %).

В CISC-архитектурах механизм теневого стека активируется дискретно — только при передаче управления CALL/RET. Это порождает событийные вычислительные пики, однако общий overhead остаётся крайне низким (менее 1 % в базовой конфигурации и до 7 % при включении расширенных механизмов CFI). Данный подход лучше подходит для систем с высокой плотностью вызовов функций и сложной логикой управления.

Таким образом, гипотеза о различном характере деградации производительности получила полное эмпирическое подтверждение. Выбор между RISC и CISC в контексте аппаратной безопасности должен определяться приоритетами конкретной программной нагрузки:

При написании программ на ARM MTE следует максимально кешировать информацию что бы добиться минимального overhead. В то время как при работе с x86 и Intel/Amd CET необходимо избегать рекурсивных функций что бы уменьшить количество созданий shadowstack, тем самым снизив overhead

В перспективе более широкая интеграция подобных механизмов позволит существенно повысить уровень информационной безопасности современных вычислительных систем без существенного ущерба для их производительности и энергоэффективности.

Список литературы

1. Грузин Н. А. Сравнение Arm и X86 архитектур процессоров // 2022.
2. Ковтун А. А. Обзор современных архитектур ЭВМ и их тенденция развития // 2022.
3. Геворгян Д. А. Обзор технологии ARM и ее перспективы // 2022.
4. Даниленок И. В. Обзор и перспективы развития ARM-процессоров // 2019.
5. Ипполитов М. А., Бабурян А. К. Сравнение архитектур RISC и CISC // 2022.
6. Taehyun Noh, Yingchen Wang. ARM MTE Performance in Practice (Extended Version).
7. Mengyao Xie, CETIS: Retrofitting Intel CET for Generic and Efficient Intra-process Memory Isolation.

УДК 677.017

П.А. Канатчиков

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ВЫШИТЫХ ПРОВОДЯЩИХ ЛИНИЙ И ЗНАЧИМЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

© П.А. Канатчиков

В статье рассмотрена эксплуатационная устойчивость вышитых проводящих линий из серебросодержащих нитей, применяемых в электронном текстиле. Актуальность работы обусловлена необходимостью обеспечения стабильности электрических характеристик текстильных токопроводящих структур при действии механических и климатических нагрузок, возникающих в процессе эксплуатации носимых изделий. Цель исследования состоит в обзорно-аналитической систематизации современных данных о факторах деградации вышитых проводящих линий и в обосновании значимости параметров их формирования для повышения надежности таких структур. Для сопоставления литературных данных использованы показатели начального сопротивления, сопротивления после испытаний, коэффициента относительного изменения сопротивления и относительного прироста сопротивления. Установлено, что на изменение электрических характеристик наибольшее влияние оказывают циклический изгиб, растяжение, стирка, истирание и деградация контактных зон. Показано, что устойчивость проводящих линий определяется не только свойствами серебросодержащей нити, но и геометрией стежка, плотностью вышивки, числом проходов, ориентацией линии и условиями сопряжения с текстильной основой. Сделан вывод о том, что рационализация режима формирования вышитых проводящих линий должна рассматриваться как один из ключевых путей повышения эксплуатационной надежности и воспроизводимости электронно-текстильных систем.

Ключевые слова: электронный текстиль, вышитые проводящие линии, серебросодержащие нити, эксплуатационная устойчивость, электрическое сопротивление, параметры формирования, надежность.

P.A. Kanatchikov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

OPERATIONAL STABILITY OF EMBROIDERED CONDUCTIVE LINES AND KEY FORMATION PARAMETERS

The article examines the operational stability of embroidered conductive lines made of silver-containing yarns used in e-textiles. The relevance of the study is determined by the need to ensure stable electrical characteristics of textile conductive structures under mechanical and environmental loads arising during the use of wearable products. The aim of the work is to provide an analytical review and systematization of current data on the degradation factors of embroidered conductive lines and to substantiate the significance of their formation parameters for improving the reliability of such structures. To compare literature data, the following indicators were used: initial resistance, post-test resistance, relative resistance change coefficient, and percentage resistance increase. It was established that cyclic bending, stretching, washing, abrasion, and degradation of contact zones have the greatest influence on changes in electrical characteristics. It is shown that the stability of conductive lines depends not only on the properties of the silver-containing yarn, but also on stitch geometry, embroidery density, number of passes, line orientation, and the conditions of coupling with the textile substrate. It is concluded that the rationalization of the conductive line formation process should be considered as one of the key ways to improve the operational reliability and reproducibility of e-textile systems.

Keywords: e-textiles, embroidered conductive lines, silver-containing yarns, operational stability, electrical resistance, formation parameters, reliability.

Введение

Электронный текстиль является одним из наиболее перспективных направлений развития носимых технических систем, объединяющих сенсорные, нагревательные и коммуникационные функции в структуре текстильного материала[1]. Одним из распространённых способов формирования

токопроводящих элементов в таких системах выступает машинная вышивка, позволяющая интегрировать проводящие нити в текстильную основу с сохранением гибкости и технологической совместимости с традиционными процессами изготовления изделий [2]. Среди материалов, используемых для вышитых проводящих линий, значительный интерес представляют серебросодержащие нити, сочетающие сравнительно низкое электрическое сопротивление, гибкость и пригодность к обработке на вышивальном оборудовании [3]. Вместе с тем их электрические характеристики изменяются в процессе эксплуатации под действием изгиба, растяжения, стирки, истирания, влажности и нагрузок в контактных зонах. В литературе показано, что деградация проводимости связана не только со свойствами самой нити, но и с геометрией стежка, плотностью вышивки, конфигурацией проводящего пути и особенностями текстильной основы [4]. Несмотря на наличие значительного числа работ по электронному текстилю, данные об эксплуатационной устойчивости вышитых проводящих линий остаются разрозненными, а сведения о влиянии параметров формирования линии на стабильность её электрических характеристик систематизированы недостаточно. В связи с этим актуальной задачей является аналитическое обобщение современных публикаций, посвящённых деградации вышитых проводящих структур из серебросодержащих нитей при различных видах эксплуатационного воздействия.

Целью настоящей статьи является обзорно-аналитическая систематизация данных об эксплуатационной устойчивости вышитых проводящих линий из серебросодержащих нитей и обоснование значимости параметров их формирования для обеспечения стабильности электрических характеристик. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: выявить основные механизмы деградации проводящих линий; сопоставить изменения электрических характеристик при различных видах эксплуатационного воздействия; определить роль параметров формирования вышитой структуры; обозначить направления повышения эксплуатационной надёжности таких систем.

Материалы и методы

Исследование выполнено в формате обзорно-аналитической работы на основе публикаций 2021–2026 гг., посвящённых вышитым проводящим структурам для электронного текстиля, с акцентом на линии, сформированные из серебросодержащих нитей. В анализ включены статьи рецензируемых журналов и материалы научно-технических конференций, содержащие сведения об электрических характеристиках вышитых проводящих линий, условиях их эксплуатации и параметрах формирования структуры. Отбор источников осуществлялся по критериям тематической релевантности, актуальности, наличия воспроизводимых экспериментальных данных и описания условий испытаний. Методическая основа исследования заключалась в сопоставлении литературных данных по основным видам эксплуатационного воздействия: циклическому изгибу, растяжению, стирке, истиранию, влажностно-температурному воздействию и деградации контактных зон. Для унификации описания результатов использовалась система показателей, представленная в таблице 1. Указанные показатели рассматривались, как единая аналитическая рамка, позволяющая сопоставлять направления и характер изменения электрических свойств, представленные различными авторами.

Таблица 1. Показатели, применимые для количественного сравнения эксплуатационной устойчивости вышитых проводящих линий

Показатель	Обозначение	Формула	Интерпретация
Начальное сопротивление	R_0	—	Характеризует исходное состояние линии
Сопротивление после воздействия	R_n	—	Характеризует состояние после (n) циклов или испытания
Коэффициент изменения сопротивления	k_R	$k_R = \frac{R_n}{R_0}$	Показывает, во сколько раз изменилось сопротивление
Относительный прирост сопротивления	ΔR	$\Delta R = \frac{R_n - R_0}{R_0} \cdot 100\%$	Позволяет сравнивать источники с разными абсолютными значениями
Коэффициент сохранения проводимости	K_σ	$K_\sigma = \frac{R_0}{R_n}$	Чем выше значение, тем стабильнее линия

При анализе публикаций учитывались не только электрические параметры, но и условия формирования проводящей линии, включая тип стежка, длину стежка, плотность вышивки, число проходов, ориентацию проводящей траектории и свойства текстильной основы. Это позволило рассматривать изменение сопротивления в связи с особенностями структуры вышитой линии и

условиями её формирования. Сопоставление литературных данных проводилось по следующим направлениям: характер изменения электрических показателей при различных видах воздействия, повторяемость отмечаемых в публикациях тенденций, а также связь между параметрами формирования и устойчивостью проводящей структуры. Таким образом, применённая методика ориентирована на систематизацию и аналитическое обобщение современных литературных данных об эксплуатационной устойчивости вышитых проводящих линий из серебросодержащих нитей. Использование унифицированной системы показателей позволило представить результаты разных исследований в сопоставимом виде и выделить наиболее значимые факторы, связанные с изменением электрических характеристик в процессе эксплуатации.

Результаты

Анализ отобранных публикаций показал, что эксплуатационная устойчивость вышитых проводящих линий из серебросодержащих нитей в большинстве работ оценивается по изменению электрического сопротивления после механических и климатических воздействий. Систематизация видов воздействий и регистрируемых изменений представлена в таблице 2.

Таблица 2. Основные эксплуатационные воздействия и характер изменения свойств вышитых проводящих линий из серебросодержащих нитей

Вид воздействия	Основной механизм деградации	Изменяемый параметр	Типичное изменение электрических свойств	Основные источники
Циклический изгиб	Микрповреждение серебряного покрытия, нарушение межволоконных контактов	Сопротивление линии R , коэффициент k_R	Постепенный рост сопротивления по мере увеличения числа циклов изгиба	[5], [6], [7]
Растяжение	Перераспределение напряжений в нити и текстильной основе, изменение геометрии токопроводящего пути	R , ΔR	Рост сопротивления при увеличении деформации; возможен остаточный сдвиг параметров после разгрузки	[6], [8], [9]
Стирка	Совмещённое механическое, влажностное, температурное и химическое воздействие	R_n , ΔR	Наиболее выраженный рост сопротивления; при увеличении числа циклов возможен переход к нестабильной проводимости	[5], [10], [11]
Истирание	Износ поверхностного проводящего слоя, локальное разрушение покрытия	R , стабильность контакта	Локальный рост сопротивления, особенно в зонах трения и перегиба	[3], [4], [12]
Влажностно-температурное воздействие	Изменение состояния покрытия и интерфейса «нить-основа»	R , воспроизводимость сигнала	Нестабильность показаний и изменение сопротивления во времени	[5], [10]
Контактные нагрузки и соединения	Рост переходного сопротивления в узлах подключения	Переходное сопротивление, стабильность цепи	Частичная или локальная потеря проводимости в контактных зонах	[7], [12]

Согласно данным, приведённым в таблице 2, наиболее часто рассматриваемыми видами эксплуатационного воздействия являются циклический изгиб, растяжение, стирка, истирание, влажностно-температурное воздействие и нагрузки в контактных зонах. Для всех указанных групп воздействий в публикациях регистрируется изменение сопротивления проводящей линии, однако диапазон изменения показателя и характер его накопления различаются в зависимости от условий испытаний и конфигурации вышитой структуры.

По данным публикаций, включённых в анализ, различия электрических характеристик фиксируются уже на исходном этапе, до начала эксплуатационных испытаний. В работах по серебропокрытым полиамидным и иным металлизированным нитям начальное сопротивление R_0 зависит от конструкции нити, геометрии проводящего элемента и структуры вышитой траектории [3, 4, 6]. Сопоставление факторов, влияющих на электрические параметры линии, приведено в таблице 3.

Таблица 3. Факторы, определяющие изменение сопротивления вышитых проводящих линий

Группа факторов	Учитываемые параметры	Наблюдаемый результат	Характер влияния на устойчивость	Источники
Материал нити	Серебряное покрытие, конструкция нити, число сложений, геометрия волокон	Различия в начальном сопротивлении и скорости деградации	Определяет исходный уровень проводимости и чувствительность к повреждению	[3], [6], [13]
Геометрия стежка	Тип стежка, длина стежка, угол укладки	Изменение начального сопротивления и динамики его роста	Задаёт конфигурацию токопроводящего пути	[7], [8], [14]
Плотность укладки	Число стежков на единицу длины/площади	Изменение контактности между участками линии	Влияет одновременно на проводимость и механическую податливость	[8], [14]
Число проходов	Однослойное или многослойное формирование линии	Уменьшение начального сопротивления при возможном росте жесткости	Может повышать проводимость, но ускорять накопление повреждений	[7], [8], [15]
Свойства основы	Толщина, эластичность, структура текстильного материала	Различия в величине деформации, передаваемой проводящей нити	Влияет на устойчивость к изгибу, растяжению и стирке	[7], [10], [11]
Способ интеграции и соединения	Контактные узлы, технология присоединения	Различия в стабильности цепи при эксплуатации	Локально определяет риск отказа	[7], [11]

Как видно из таблицы 3, выделяются три основные группы факторов: материальные, структурные и технологические. К материальным факторам относятся состав и конструкция серебропокрытой нити, наличие и состояние проводящего покрытия, число сложений и особенности волоконной структуры. К структурным факторам относятся тип стежка, длина стежка, угол укладки и плотность вышивки. К технологическим факторам относятся свойства текстильной основы, способ интеграции проводящей линии и параметры соединения с другими элементами системы.

В работах, посвящённых циклическому изгибу, зарегистрировано увеличение сопротивления по мере роста числа циклов деформирования [5-7]. В источниках, где сопоставлялись различные радиусы изгиба и конфигурации проводящих линий, значения k_R и ΔR после испытаний различались между образцами одной функциональной группы [6-7]. В ряде публикаций рост сопротивления носил постепенный характер, в других фиксировалось более резкое изменение показателя после достижения определённого числа циклов [5-7].

Для испытаний на растяжение также зафиксировано изменение сопротивления в зависимости от величины деформации текстильной основы. В публикациях, где учитывались направление растяжения и ориентация линии, различия значений R_n и ΔR наблюдались между структурами с различной геометрией стежка [8, 9]. В ряде случаев после снятия нагрузки начальное значение сопротивления полностью не восстанавливалось.

Значительное число количественных данных в отобранных источниках относится к испытаниям на стойкость к стирке. После первых циклов стирки в большинстве публикаций сохранялась электрическая работоспособность проводящей линии, однако с увеличением числа циклов регистрировался рост R_n и ΔR [5,10]. При сопоставлении подложек, способов интеграции и вариантов защиты проводящих элементов в литературе зафиксированы различия итоговых электрических параметров даже при использовании близких по составу проводящих нитей [10, 11].

Для воздействий, связанных с истиранием, в работах по металлизированным нитям установлено ухудшение электрических свойств при повреждении поверхностного проводящего слоя [3, 4]. В публикациях, посвящённых контактным и переходным зонам, зафиксировано увеличение переходного сопротивления в узлах присоединения и в местах сопряжения с более жёсткими элементами конструкции, а изменения параметров локализовались преимущественно в контактной области, а не на прямолинейном участке проводящей дорожки [7, 12].

Сопоставление публикаций, в которых варьировались параметры формирования вышитой линии, показало наличие различий электрических характеристик в зависимости от геометрии стежка и конфигурации проводящего пути. Обобщение этих данных приведено в таблице 4. В работах, включённых в табл. 4, изменение длины стежка сопровождалось изменением измеряемого сопротивления [8,14]. При изменении угла стежка и ориентации линии относительно направления деформации фиксировались различия электрического отклика при механических испытаниях, а при изменении плотности вышивки и числа проходов изменялись как исходные электрические параметры, так и сопротивление после эксплуатационного воздействия [4, 6, 13, 15].

Таблица 4. Обобщённые результаты по влиянию параметров формирования на электрические характеристики вышитых проводящих линий

Параметр формирования	Что изменяется в структуре линии	Наблюдаемый электрический эффект	Результат, устойчиво отмечаемый в литературе	Источники
Длина стежка	Геометрия токопроводящего пути и число контактных участков	Изменение начального сопротивления	Сопротивление зависит от длины стежка и его конфигурации	[6], [8]
Угол стежка / ориентация линии	Направление передачи деформации на проводящую нить	Изменение чувствительности к растяжению и изгибу	Ориентация линии влияет на величину ΔR при нагружении	[8], [9], [13]
Плотность вышивки	Степень уплотнения структуры	Изменение контактности и стабильности проводимости	Более плотная структура может снижать R_0 , но менять механическое поведение	[7], [8], [13]
Число проходов	Толщина и непрерывность проводящего канала	Снижение R_0 , возможный рост жесткости	Многопроходные линии имеют иные электрические и эксплуатационные свойства	[14], [16]
Равномерность формирования	Однородность стежковой структуры по длине	Снижение разброса электрических параметров	Повторяемость процесса влияет на воспроизводимость проводимости	[7], [5], [13]
Сопряжение с основой	Степень механической разгрузки нити	Изменение темпа деградации при циклических воздействиях	Свойства основы влияют на долговечность даже при одинаковой нити	[7], [10], [11], [18]

Как следует из таблицы 4, к числу наиболее часто анализируемых параметров формирования в современной литературе относятся длина стежка, угол укладки, плотность вышивки, число проходов и равномерность формирования проводящей структуры. В работах, использующих методы математического моделирования, сопротивление линии рассчитывалось или прогнозировалось по совокупности параметров швейно-вышивальной конфигурации. В публикациях по функциональным вышитым структурам и линиям передачи также приведены данные о зависимости электрических характеристик от топологии траектории и повторяемости структуры.

Обсуждение

Полученные в обзоре данные позволяют рассматривать эксплуатационную устойчивость вышитых проводящих линий не как частное свойство материала нити, а как результат взаимодействия по меньшей мере трёх групп факторов: собственных свойств серебросодержащей нити, геометрии сформированной проводящей структуры и характера внешнего эксплуатационного воздействия. В этом смысле низкое начальное сопротивление линии не может рассматриваться как самодостаточный критерий её качества, поскольку оно характеризует лишь исходное состояние токопроводящего пути, но не отражает его способности сохранять функциональность при накоплении повреждений. Для электронного текстиля более значимым оказывается не минимум R_0 как таковой, а сочетание приемлемой проводимости с замедленным ростом R_n при циклических нагрузках, стирке и локальном износе.

С теоретической точки зрения это означает, что проводящая вышитая линия должна интерпретироваться как иерархическая система, в которой электрический отклик формируется одновременно на нескольких структурных уровнях: на уровне проводящего покрытия волокон, на уровне контактного взаимодействия филаментов в составе нити, на уровне межстежковых контактов и на уровне сопряжения линии с деформируемой текстильной основой. Повреждение на любом из этих уровней может не приводить к мгновенному отказу, но изменяет распределение токовых путей и создаёт предпосылки для ускоренного роста сопротивления при последующих нагрузках. Именно поэтому в ряде публикаций наблюдается не линейная, а стадийная деградация, когда после периода относительной стабильности происходит резкое ухудшение электрических характеристик.

Важный вывод, состоит в том, что параметры формирования проводящей линии выполняют не вспомогательную, а структурообразующую функцию. Длина стежка, плотность укладки, число проходов, угол ориентации и равномерность формирования определяют не только геометрию токопроводящего пути, но и характер перераспределения механических напряжений при изгибе, растяжении и стирке. По существу, технологический режим формирования задаёт начальную топологию сети токопереноса и тем самым влияет на сценарий деградации при эксплуатации. Это объясняет, почему в публикациях по моделированию сопротивления швейно-вышивальных структур параметры рисунка и стежка оказываются статистически значимыми предикторами электрического поведения системы. Отсюда следует, что задача проектирования вышитых проводящих линий должна рассматриваться как многокритериальная. Стремление к снижению начального сопротивления за счёт повышения плотности вышивки или увеличения числа проходов способно улучшить проводимость в исходном состоянии, но одновременно увеличить жёсткость структуры, концентрацию напряжений и чувствительность к циклическому нагружению. Напротив, чрезмерно разреженная или геометрически податливая структура может демонстрировать более благоприятное механическое поведение, но уступать по стабильности электрического контакта между участками проводящей нити. Следовательно, рациональный режим формирования должен определяться не одним показателем, а компромиссом между проводимостью, гибкостью, устойчивостью к стирке и надёжностью контактных зон.

Особого внимания заслуживает вопрос сопоставимости литературных данных. Несмотря на наличие значительного числа публикаций по электронному текстилю, прямое сравнение результатов часто затруднено из-за различий в длине образцов, единицах представления сопротивления, режимах нагружения, критериях отказа и условиях стирки. Одни авторы оценивают абсолютное сопротивление, другие — удельное сопротивление или относительное изменение параметра; различаются также радиусы изгиба, число циклов, состав моющих сред и типы текстильных основ. Вследствие этого даже качественно сходные выводы не всегда могут быть непосредственно сведены в единую количественную шкалу без предварительного нормирования данных. Именно этим объясняется методическая целесообразность использования в настоящей статье показателей k_R и ΔR , позволяющих привести результаты разных авторов к сопоставимому виду. Ещё одно важное обстоятельство связано с тем, что в работах по электронному текстилю устойчивость линии нередко анализируется отдельно от устойчивости контактных узлов, хотя в реальных изделиях отказ часто локализуется именно в переходных зонах между мягкой вышитой структурой и более жёсткими функциональными компонентами. Такой разрыв между оценкой проводящего участка и оценкой соединения методически ограничивает применимость части опубликованных результатов к реальным носимым системам. Поэтому при дальнейшей разработке критериев надёжности целесообразно рассматривать вышитую проводящую линию вместе с контактной архитектурой как единую функциональную подсистему.

Для математической интерпретации рассматриваемой проблемы перспективным представляется переход от описания единичных испытаний к моделям, связывающим параметры формирования с вероятностью деградации электрических свойств. В этом контексте могут использоваться регрессионные зависимости, методы машинного обучения и вероятностные модели, позволяющие оценивать вклад отдельных факторов в изменение сопротивления и прогнозировать ресурс проводящей линии при заданных сценариях эксплуатации. Подобный подход особенно важен потому, что сам процесс

разрушения имеет выраженный стохастический характер: микроповреждения покрытия, нарушение локальных контактов и накопление остаточных деформаций возникают неравномерно и по-разному реализуются даже в образцах одной конфигурации.

Таким образом, анализ литературных данных подтверждает, что повышение эксплуатационной устойчивости вышитых проводящих линий из серебросодержащих нитей должно обеспечиваться не только выбором материала, но и рационализацией режима их формирования. Практически это означает необходимость проектирования проводящей структуры с учётом будущего сценария эксплуатации изделия: для линий, работающих в условиях частого изгиба, приоритетными становятся геометрическая податливость и равномерное распределение деформации; для изделий, подвергающихся регулярной стирке, — устойчивость покрытия, подложки и контактных узлов; для функциональных сигнальных трактов — повторяемость структуры и контролируемость электрических потерь. Следовательно, оптимизация режима формирования должна пониматься как инструмент управляемого повышения надёжности, воспроизводимости и долговечности вышитых электронно-текстильных систем, а не как локальная технологическая операция.

Заключение

Проведённый анализ показал, что эксплуатационная устойчивость вышитых проводящих линий из серебросодержащих нитей определяется совокупным действием материальных, структурных и технологических факторов, а её оценка не может быть сведена только к измерению начального сопротивления проводящей линии. Наиболее информативными показателями состояния таких структур являются сопротивление после эксплуатационного воздействия, коэффициент относительного изменения сопротивления и относительный прирост сопротивления, поскольку именно они позволяют сопоставлять данные, полученные при различных режимах испытаний и для различных конфигураций вышивки. Установлено, что наибольшее влияние на изменение электрических характеристик оказывают циклический изгиб, растяжение, стирка, истирание и деградация контактных зон, причём во всех рассмотренных случаях наблюдается общая тенденция к росту сопротивления проводящей линии по мере накопления повреждений. Для серебросодержащих нитей ключевыми механизмами ухудшения свойств являются микроповреждение металлизированного покрытия, нарушение межволоконных и межстежковых контактов, а также увеличение переходного сопротивления в зонах локальных механических и контактных нагрузок. Также показано, что параметры формирования вышитой проводящей линии непосредственно влияют как на её начальные электрические свойства, так и на характер последующей деградации при эксплуатации. Длина стежка, плотность укладки, угол ориентации, число проходов и равномерность формирования определяют геометрию токопроводящего пути, распределение механических напряжений и стабильность электрического контакта внутри структуры. В связи с этим рационализация режима формирования должна рассматриваться как один из основных путей повышения надёжности электронно-текстильных систем, а не как вспомогательная технологическая операция. Практическая значимость полученных выводов состоит в том, что проектирование вышитых проводящих линий целесообразно осуществлять на основе многокритериального подхода, учитывающего одновременно проводимость, гибкость, устойчивость к циклическим деформациям, стирке и стабильность контактных соединений. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка унифицированных методик испытаний и математических моделей, позволяющих прогнозировать изменение сопротивления вышитых проводящих структур в зависимости от параметров их формирования и условий эксплуатации.

Список литературы

1. Борисюк В. Ю., Бырдина М. В. Анализ выпускаемой одежды со встроенной системой обогрева // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2022): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Москва: 2022. С. 95–98.
2. Оборин М. С., Савельев И. И. Развитие текстильной промышленности на основе «умных» технологий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1(403). С. 179–184.
3. Moskalyuk O. A., Kopotilova A. A., Tsobkallo E. S. Physicomechanical Properties of Metallized Synthetic Threads // *Fibre Chemistry*. 2023. Vol. 55. No. 3. P. 167–170.
4. Zheng Y., Jin L., Qi J. [et al.] Performance Evaluation of Conductive Tracks in Fabricating E-Textiles by Lock-Stitch Embroidery // *Journal of Industrial Textiles*. 2022. Vol. 51. No. 4. P. 6864S–6883S.
5. Rotzler S., Schneider-Ramelow M. Washability of E-Textiles: Failure Modes and Influences on Washing Reliability // *Textiles*. 2021. Vol. 1. No. 1. P. 37–54.
6. Mersch J., Winger H., Altinsoy E., Cherif C. Electromechanical Properties of Silver-Plated Yarns and Their Relation to Yarn Construction Parameters // *Polymers*. 2023. Vol. 15. No. 21. Art. 4210.

7. Angelaki C., Tsolis A., Bakogianni S., Alexandridis A. A. Embroidered Transmission Lines with Conductive Yarns: Challenges, Modeling, Fabrication, and Experimental Performance Assessment // *Sensors*. 2024. Vol. 24. No. 21. Art. 6961.
8. Zafar H., Vučinić Vasić M., Popović Ž. [et al.] Influence of Stitch Type Division and Geometry on the Electrical Properties of Conductive Embroidered Structures // *Journal of Industrial Textiles*. 2023. Vol. 53. P. 1–20.
9. Etana B. B., Malengier B., Kwa T. [et al.] Evaluation of Novel Embroidered Textile-Electrodes Made from Hybrid Polyamide Conductive Threads for Surface EMG Sensing // *Sensors*. 2023. Vol. 23. No. 9. Art. 4397.
10. Rotzler S., von Krshiwoblozki M., Kallmayer C., Schneider-Ramelow M. Washability of E-Textiles: Washing Behavior of Textile Integrated Circuits Depending on Textile Substrate, Circuit Material and Integration Method // *Advanced Functional Materials*. 2025. Vol. 35. No. 11. Art. 2417344.
11. Shahidi A. M., Ebrahimi P., Marasinghe K. [et al.] Influence of Encapsulation Size and Textile Integration Techniques on the Wash Durability of Textiles with Integrated Electronic Yarn // *Fibers*. 2025. Vol. 13. No. 7. Art. 89.
12. Dils C., Kalaš D., Řeboun J. [et al.] Interconnecting Embroidered Hybrid Conductive Yarns by Ultrasonic Plastic Welding for E-Textiles // *Textile Research Journal*. 2022. Vol. 92, No. 21–22. P. 4501–4520.
13. Le K., Narayana H., Servati A. [et al.] Influence of Yarn Geometry on Electrical Properties of Silver-Coated Nylon Filaments for E-Textiles: A Fundamental Study // *Journal of Industrial Textiles*. 2023. Vol. 53. P. 1–21.
14. Jang J., Kim J. Prediction of Electrical Resistance with Conductive Sewing Patterns by Combining Artificial Neural Networks and Multiple Linear Regressions // *Polymers*. 2023. Vol. 15. No. 20. Art. 4138.
15. Sofronova D., Angelova R. A. Embroidery of Conductive Threads in Textiles // *Sewing Machines and Processes*. Boca Raton: CRC Press, 2025. P. 228–259.
16. Тюрин И. Н., Таушуплатов С. Ш. Разработка методики оценки стабильности электропроводящих структур для адаптивной одежды // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн*. 2025. № 6(135). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20445> (дата обращения: 1.04.2026).
17. Chen Y., Ling Y., Yang Y. [et al.] A Clickable Embroidered Triboelectric Sensor for Smart Fabric // *Device*. 2024. Vol. 2. No. 4. Art. 100355.
18. Коптилова А. А. Проектирование перчаток-рукавиц с подогревом для работы в условиях пониженных температур // *ПРОМТЕХДИЗАЙН. Естественные и технические науки: сборник статей Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием*. СПб.: 2025. С. 88–95.

References

1. Borisyuk V.Yu., Byrdina M.V. Analiz vypuskaemoi odezhdy so vstroennoi sistemoi obogreva [Analysis of manufactured clothing with an integrated heating system]. *Dizain, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noi i legkoi promyshlennosti (INNOVATSII-2022)* [Design, technologies and innovations in textile and light industry (INNOVATIONS-2022): proceedings of the International scientific and technical conference]. Moscow: 2022. 95–98 pp. (in Rus.).
2. Oborin M.S., Savel'ev I.I. Razvitie tekstil'noi promyshlennosti na osnove «umnykh» tekhnologii [Development of the textile industry based on “smart” technologies]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti* [News of higher educational institutions. Technology of textile industry]. 2023. No 1 (403). 179–184 pp. (in Rus.).
3. Moskalyuk O. A., Koptilova A. A., Tsobkallo E. S. Physicomechanical Properties of Metallized Synthetic Threads // *Fibre Chemistry*. 2023. Vol. 55. No. 3. P. 167–170.
4. Zheng Y., Jin L., Qi J. [et al.] Performance Evaluation of Conductive Tracks in Fabricating E-Textiles by Lock-Stitch Embroidery // *Journal of Industrial Textiles*. 2022. Vol. 51. No. 4. P. 6864S–6883S.
5. Rotzler S., Schneider-Ramelow M. Washability of E-Textiles: Failure Modes and Influences on Washing Reliability // *Textiles*. 2021. Vol. 1. No. 1. P. 37–54.
6. Mersch J., Winger H., Altinsoy E., Cherif C. Electromechanical Properties of Silver-Plated Yarns and Their Relation to Yarn Construction Parameters // *Polymers*. 2023. Vol. 15. No. 21. Art. 4210.
7. Angelaki C., Tsolis A., Bakogianni S., Alexandridis A. A. Embroidered Transmission Lines with Conductive Yarns: Challenges, Modeling, Fabrication, and Experimental Performance Assessment // *Sensors*. 2024. Vol. 24. No. 21. Art. 6961.
8. Zafar H., Vučinić Vasić M., Popović Ž. [et al.] Influence of Stitch Type Division and Geometry on the Electrical Properties of Conductive Embroidered Structures // *Journal of Industrial Textiles*. 2023. Vol. 53. P. 1–20.
9. Etana B. B., Malengier B., Kwa T. [et al.] Evaluation of Novel Embroidered Textile-Electrodes Made from Hybrid Polyamide Conductive Threads for Surface EMG Sensing // *Sensors*. 2023. Vol. 23. No. 9. Art. 4397.

10. Rotzler S., von Krshiwoblozki M., Kallmayer C., Schneider-Ramelow M. Washability of E-Textiles: Washing Behavior of Textile Integrated Circuits Depending on Textile Substrate, Circuit Material and Integration Method // *Advanced Functional Materials*. 2025. Vol. 35. No. 11. Art. 2417344.
11. Shahidi A. M., Ebrahimi P., Marasinghe K. [et al.] Influence of Encapsulation Size and Textile Integration Techniques on the Wash Durability of Textiles with Integrated Electronic Yarn // *Fibers*. 2025. Vol. 13. No. 7. Art. 89.
12. Dils C., Kalaš D., Řeboun J. [et al.] Interconnecting Embroidered Hybrid Conductive Yarns by Ultrasonic Plastic Welding for E-Textiles // *Textile Research Journal*. 2022. Vol. 92, No. 21–22. P. 4501–4520.
13. Le K., Narayana H., Servati A. [et al.] Influence of Yarn Geometry on Electrical Properties of Silver-Coated Nylon Filaments for E-Textiles: A Fundamental Study // *Journal of Industrial Textiles*. 2023. Vol. 53. P. 1–21.
14. Jang J., Kim J. Prediction of Electrical Resistance with Conductive Sewing Patterns by Combining Artificial Neural Networks and Multiple Linear Regressions // *Polymers*. 2023. Vol. 15. No. 20. Art. 4138.
15. Sofronova D., Angelova R. A. Embroidery of Conductive Threads in Textiles // *Sewing Machines and Processes*. Boca Raton: CRC Press, 2025. P. 228–259.
16. Tyurin I.N., Tashpulatov S.Sh. Razrabotka metodiki otsenki stabil'nosti elektroprovodyashchikh struktur dlya adaptivnoi odezhdy [Development of a methodology for assessing the stability of electrically conductive structures for adaptive clothing]. *Universum: tekhnicheskie nauki* [Universum: technical sciences]. 2025. No 6 (135). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20446> (accessed: 01.04.2026). (in Rus.).
17. Chen Y., Ling Y., Yang Y. [et al.] A Clickable Embroidered Triboelectric Sensor for Smart Fabric // *Device*. 2024. Vol. 2. No. 4. Art. 100355.
18. Kopotilova A.A. Proektirovanie perchatok-rukavits s podogrevom dlya raboty v usloviyakh ponizhennykh temperatur [Design of heated mittens for operation under low-temperature conditions]. *PROMTEKHIDIZAIN. Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [PROMTECHDESIGN. Natural and technical sciences: collection of articles of the All-Russian scientific conference of young scientists with international participation]. Saint Petersburg: 2025. 88–95 pp. (in Rus.).

Научное издание

ПРОМТЕХДИЗАЙН

Естественные и технические науки

Сборник статей всероссийской научной конференции
молодых ученых с международным участием
Часть 4

Оригинал-макет подготовил А. М. Шванкин

Подписано в печать __. __. 2026 г. Формат 60×84 1/16.

Печать трафаретная. Усл. печ. л. 16,1. Тираж 125 экз. Заказ 174

Электронный адрес: imn_dni_nauki@sutd.ru

Отпечатано в типографии ФГБОУВО «СПбГУПТД»
191028, Санкт-Петербург, ул. Моховая, 26