



# Молодой исследователь Дона

Теоретический и научно-практический журнал (издается с 2016 г.)  
eISSN 2500-1779

Том 11, № 3, 2026

Журнал создан в целях обеспечения современного качества образования на основе сохранения его фундаментальности и соответствия актуальным потребностям личности, общества и государства. Издание призвано способствовать укреплению, расширению целостного научно-информационного пространства России и успешной интеграции его в мировое научное информационное пространство.

## В журнале публикуются научные статьи по:

- *техническим наукам;*
- *физико-математическим наукам;*
- *гуманитарным наукам;*
- *биологическим наукам;*
- *социально-экономическим и общественным наукам;*
- *медиакоммуникации.*

<i>Индексация</i>	РИНЦ, CyberLeninka, РГБ
<i>Наименование органа, зарегистрировавшего издание</i>	Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-66530 от 21.07.2016 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций
<i>Учредитель и издатель</i>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
<i>Периодичность</i>	6 выпусков в год
<i>Адрес учредителя и издателя</i>	344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
<i>E-mail</i>	<a href="mailto:spu-10.2.3@donstu.ru">spu-10.2.3@donstu.ru</a>
<i>Телефон</i>	+7 (863) 2–738–508
<i>Сайт</i>	<a href="https://mid-journal.ru">https://mid-journal.ru</a>
<i>Дата выхода в свет</i>	30.06.2026



Редакционная коллегия

**Главный редактор, Месхи Бесарион Чохевич**, доктор технических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**выпускающий редактор, Комахидзе Манана Гивиевна**, кандидат химических наук, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**заместитель главного редактора, Прокопенко Николай Николаевич**, доктор технических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**ответственный секретарь, Шевченко Надежда Анатольевна**, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Тамаркин Михаил Аркадьевич**, доктор технических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Марчук Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, Институт сферы обслуживания и предпринимательства, филиал ДГТУ (Российская Федерация);

**Языев Батыр Меретович**, доктор технических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Соловьёв Аркадий Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, Крымский инженерно-педагогический университет имени Февзи Якубова (Симферополь, Республика Крым);

**Айзикович Сергей Михайлович**, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Заковоротный Вилор Лаврентьевич**, доктор технических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Наседкин Андрей Викторович**, доктор физико-математических наук, профессор, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Карапетянц Алексей Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Пахомов Виктор Иванович**, доктор технических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Лаврентьев Анатолий Александрович**, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Бульгин Юрий Игоревич**, доктор технических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Шуйский Анатолий Иванович**, кандидат технических наук, доцент, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Пищулина Виктория Владимировна**, доктор архитектуры, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Сухинов Александр Иванович**, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Пожарский Дмитрий Александрович**, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Павлов Игорь Викторович**, доктор физико-математических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Симонян Татьяна Владимировна**, доктор экономических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Минасян Лариса Артуровна**, доктор философских наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Рудская Елена Николаевна**, кандидат экономических наук, доцент, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Исакова Юлия Игоревна**, доктор социологических наук, кандидат юридических наук, доцент, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Муругова Елена Валерьевна**, доктор филологических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Дружба Ольга Владимировна**, доктор исторических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Бондаренко Тамара Алексеевна**, доктор философских наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Тазаян Араван Бабкенович**, доктор философских наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Морозова Ольга Михайловна**, доктор исторических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Абросимова Нина Акоповна**, доктор биологических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Пономарева Елена Николаевна**, доктор биологических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Пономарев Сергей Владимирович**, доктор биологических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация);

**Солодовник Любовь Владимировна**, доктор философских наук, кандидат социологических наук, профессор, Донской государственной технической университет (Ростов-на-Дону, Российская Федерация).

## Содержание

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Особенности проектирования и реконструкции входных групп и зон общественных функций многопрофильного стационара</b> <i>П.Е. Олейникова</i> .....	5
<b>Особенности применения искусственного интеллекта при управлении жизненным циклом объектов строительства и городского хозяйства</b> <i>И.В. Плашкарев, Е.А. Плашкарева, П.В. Федяева</i> .....	11
<b>Формирование архитектурного облика гостиниц с учётом естественного освещения и визуальной связи с окружающей средой</b> <i>В.С. Пронникова, Е.В. Пименова</i> .....	15
<b>Анализ проектных особенностей существующей пространственно-планировочной структуры общеобразовательных школ в РФ</b> <i>В.О. Глаголев</i> .....	20
<b>Адаптация общественных зданий к условиям перегрева</b> <i>В.Ю. Аржановская, Е.В. Пименова</i> .....	24
<b>Цифровая трансформация в российском строительстве</b> <i>А.П. Пирожникова, Г.Э. Муро, Т.Л. Пирожникова</i> .....	30
<b>Исследование влияния начальных дефектов на эксплуатационные качества безбалочного перекрытия</b> <i>Н.А. Пискун, В.Н. Аксёнов</i> .....	36
<b>Оценка пространственной однородности сухих строительных смесей</b> <i>Е.М. Гетьманова, Е.А. Шляхова</i> .....	48
<b>Проблемы износостойкости режущих ножей сельскохозяйственной техники и пути её повышения</b> <i>В.Л. Бабин, В.А. Лебедев</i> .....	53
<b>Применение мультисенсорной системы для формирования цифровых отпечатков порчи пищевых продуктов в задачах агропромышленного комплекса</b> <i>М.М. Сябро, М.К. Суханов, Н.В. Лимаренко, М.О. Голубенко, Е.А. Щербакова</i> .....	58
<b>Систематизация опасных производственных факторов как инструмент анализа причин аварийности подъемных сооружений</b> <i>Э.В. Данильченко, С.Л. Пушенко, Е.В. Стасева</i> .....	63
<b>Обзор методов диагностики асинхронного двигателя</b> <i>М.Г. Дольников</i> .....	69
<b>Комплексная оценка качества текстильных материалов для комплектов одежды духовенства Русской Православной Церкви</b> <i>Т.Ю. Камышанская, А.С. Рукавишников, М.В. Гапоненко</i> .....	82
<b>Метод повышения надежности стеганографии с помощью порогового разделения секрета: реализация и тестирование</b> <i>Н.С. Могилевская, О.В. Терещенко</i> .....	90
<b>Биофизические основы и расчет режимов сверления костной ткани</b> <i>М.Ю. Ищенко, И.Д. Попов, Н.В. Авилова</i> .....	97
<b>Математическая модель для оценки индекса физической активности человека на основе суточных данных пульса</b> <i>М.К. Суханов, М.М. Сябро, Н.В. Лимаренко</i> .....	101

<b>Развитие методов проектирования BIM моделирования</b>	
<i>А.П. Пирожникова, Т.Л. Пирожникова</i> .....	104
<b>VR-технологии в тренировочном процессе: поиск новых решений при помощи имитаций</b>	
<i>И.А. Гринев, О.В. Хлопенко</i> .....	110
<b>Комплексный подход к развитию речевого дыхания у старших дошкольников с дизартрией</b>	
<i>Ю.А. Комерцова, М.Л. Скуратовская</i> .....	114

#### **ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**

<b>Особенности нарциссических проявлений у девушек с разной направленностью активности в социальных сетях</b>	
<i>Е.С. Цысь, Е.А. Суроедова</i> .....	119
<b>Современные подходы к обучению персонала</b>	
<i>А.Д. Хильченко, И.О. Богданова</i> .....	123

#### **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ**

<b>Экономическое обоснование применения искусственного интеллекта для оптимизации бизнес-процессов на предприятии</b>	
<i>С.А. Гавриленко, А.Д. Руденко</i> .....	128
<b>Анализ моделей прогнозирования трудовых ресурсов</b>	
<i>К.А. Бармута, М.М. Енгибарян</i> .....	134
<b>Циркулярный город как система формирования материальных потоков и инфраструктуры замкнутого цикла</b>	
<i>М.О. Гнеденко, О.И. Усаткина</i> .....	138

#### **МЕДИАКОММУНИКАЦИИ**

<b>Структурные барьеры развития игровой индустрии России</b>	
<i>Д.О. Гуковский</i> .....	142

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 721.011

### Особенности проектирования и реконструкции входных групп и зон общественных функций многопрофильного стационара

**П.Е. Олейникова**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Рассматриваются актуальные вопросы проектирования входных групп и общественных зон многопрофильных медицинских учреждений на примере больниц скорой медицинской помощи в Российской Федерации с позиции разделения технологических потоков. В ходе работы проанализированы научные публикации, статистические данные и нормативная документация. Выявлены существенные терминологические разночтения, а также обозначена проблема концентрации существующих подходов преимущественно на движении пациентов при игнорировании потоков медицинского персонала. Проведённый анализ служит основой для актуализации методик первичного разделения потоков пациентов, выявления существующих противоречий и, в перспективе, формирования авторской классификации данных потоков. Подобная систематизация способна оказать существенное влияние на архитектурно-планировочные решения объектов здравоохранения.

**Ключевые слова:** многопрофильные медицинские учреждения, технологические потоки, пациенты, проектирование, цифровое строительство

**Для цитирования.** Олейникова П.Е. Особенности проектирования и реконструкции входных групп и зон общественных функций многопрофильного стационара. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):5–10.

### Multipurpose Hospital Entryways' and Public Spaces' Design and Reconstruction Features

**Polina E. Oleynikova**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

On the example of emergency hospitals of the Russian Federation, the article studies the topical issues of designing the entryways and public spaces of the multipurpose medical institutions with the focus on the problem of hospital flow separation. In the frame of the study, the scientific publications, statistical data, and regulatory documents were analysed. Significant terminological controversies were identified, and the shortcoming of the existing flow-separation model focusing mainly on patient routing while ignoring medical staff routing was highlighted. The conducted analysis can serve a basis for updating the methodology of initial separation of patient flows, identifying existing controversies, and developing a proprietary classification of the flows in the future. Such a classification can significantly affect the architectural and spatial planning solutions developed for healthcare facilities.

**Keywords:** multipurpose medical institutions, technological flows, patients, design, digital construction

**For Citation.** Oleynikova PE. Multipurpose Hospital Entryways' and Public Spaces' Design and Reconstruction Features. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):5–10.

**Введение.** Современный этап проектирования многопрофильных медицинских учреждений характеризуется переходом акцента с технологического оснащения на пространственные решения, отвечающие нормам безопасности и функциональности. Особую роль здесь играют входные группы, обеспечивающие первичный контакт в системе «врач–пациент» и служащие узлом распределения потоков. Под воздействием урбанизации, новых штаммов инфекций и геополитических вызовов проектные подходы эволюционируют, акцентируя разведение потоков как средство профилактики вирусного распространения и оперативного приёма экстренных больных.

Несмотря на практическую ценность этих трансформаций, нормативная база недостаточно полно учитывает актуальные требования к организации потоков в общественных зонах клиник, что порождает неоднозначности на стадиях проектирования и эксплуатации.

Цель исследования:

1. Систематизация научных публикаций и нормативных актов, регулирующих технологические процессы во входных группах и общественных зонах с доступом пациентов.
2. Выявление ключевых принципов формирования потоков и противоречий в регулятивной документации.
3. Создание авторской классификации технологических потоков в многопрофильных учреждениях здравоохранения, унифицирующей их разделение на этапе проектирования.

Достижение цели заложит основу для оптимизации проектных решений входных групп, гарантирующих эпидемиологическую защиту и эффективность медорганизаций.

**Основная часть.** Границы исследования — многопрофильные стационары типа больницы скорой медицинской помощи (далее — БСМП) на территории Российской Федерации.

Термин «поточность» трактуется как принципиальная организация технологических процессов в медучреждениях для последовательного, линейного и непересекающегося движения всех участников, что обеспечивает эффективность, безопасность и удобство эксплуатации здания.

Анализ научных и методических источников свидетельствует о тесной связи первого этапа проектирования и реконструкции с данными о фактических потоках пациентов и их нозологиях [1, 2]. На примере БСМП № 2 города Омска статистикой выведены группы заболеваний по койко-дням, где дифференциация потоков позволяет оценить потребность в диагностических и лечебных технологиях для стационара; результаты представлены на рис. 1.

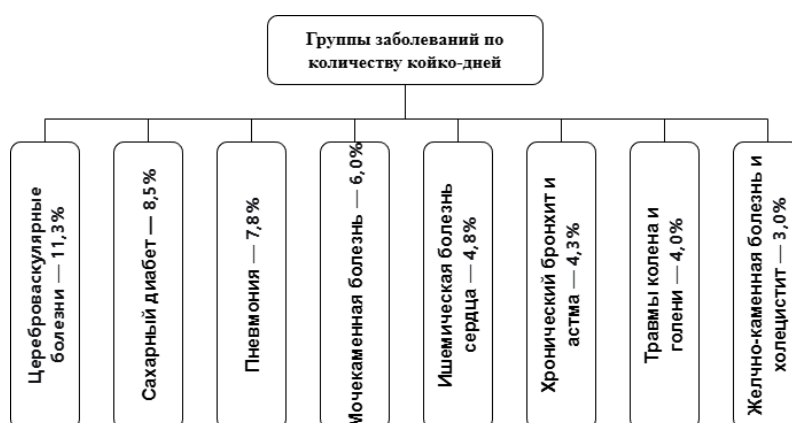


Рис. 1. Схема групп заболеваний по количеству койко-мест

Данное исследование подтверждает важность анализа заболеваний пациентов, в том числе экстренных (такие как сердечно-сосудистые) для рационального планирования медицинской помощи в многопрофильных стационарах, быстрого доступа врача к пациенту без пересечения потоков. Основной упор приходится на заболевания пациентов, в особенности на те, которые в дальнейшем заполняют 47,9 % койко-мест. Также большую долю занимают заболевания, требующие хирургического лечения.

Также на примере опыта Томской области [2] рассматривается в первую очередь маршрутизация пациентов первичного и повторного приемов и ее оценка. Выделены основные принципы методологии нового формата маршрутизации:

- разделение потоков пациентов на первичный и вторичный приемы;
- создание кабинетов организации плановой помощи;
- внедрение электронной очереди и записи на прием;
- приоритет диспансерного наблюдения пациентов;
- использование принципов бережливого производства.

При внедрении данных пунктов в структуру медицинского учреждения выведена следующая схема логистики пациента (рис. 2).



Рис. 2. Маршрутизация пациента [2]

Внедрение данной системы маршрутизации существенно повысило эффективность использования учреждения. В том числе было сокращено время ожидания приема и увеличено количество записавшихся через электронные порталы. Однако в данной публикации [2], как и в предыдущем исследовании, основной приоритет обеспечения качественной поточности был отдан пациентам, без учета использования общественных зон и входных групп персоналом. В настоящее время в БСМП общественные зоны имеют вход практически всегда только для пациентов, персонал при этом может посещать их из общего коридора. Это требует пересмотра планировки в части общественных зон с входами для персонала.

Помимо научных исследований, для формирования качественной информационной базы рассматривались нормативная документация и медицинские пособия. В них приводится маршрутизация пациентов в зависимости от симптоматики, что влияет на архитектурно-планировочные решения в последующем. Данный источник [3] используется медицинскими сотрудниками при проведении реконструкции здания для обоснования замечаний проектной организации.

В пособии подробно схематизирована вся симптоматика, с которой обращаются пациенты. В отличие от вышеприведенных примеров, здесь учитывается работа станции скорой медицинской помощи, экстренные случаи, требующие незамедлительного вмешательства медицинского персонала, случаи подозрения и подтвержденного инфекционного заболевания. Также рассматривается связь «пациент-врач» в зависимости от приведенного сценария; все случаи распределены по цветам — уровням опасности.

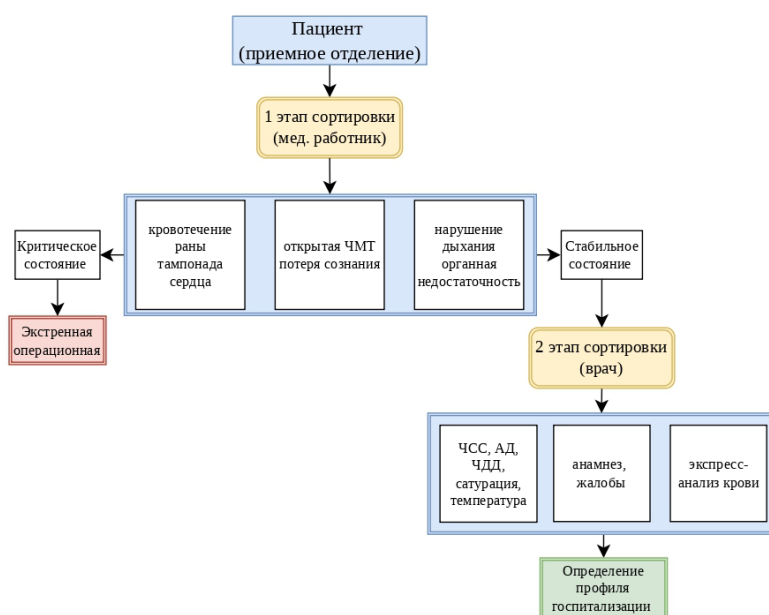


Рис. 3. Алгоритм медицинской сортировки пациентов

Такая схематизация позволяет отследить технологический процесс подготовки пациентов, что напрямую сказывается на функциональном зонировании приемно-смотровых боксов и их размещении в составе входных групп и общественных зон медицинского учреждения. При этом не учитывается деятельность вспомогательного персонала, который зачастую занимает значительные площади при возведении зданий подобного назначения.

В настоящее время ключевым документом, регулирующим проектирование и реконструкцию медицинских учреждений, выступает СП 158.13330.2014 [4]. Данный свод правил определяет не только архитектурно-планировочные решения, но и организацию технологических потоков. Важно подчеркнуть: в нем отсутствует классификатор потоков пациентов, медицинского и вспомогательного персонала, однако установлены базовые правила их разделения внутри здания, а также введены понятия «заразных», «чистых» и «условно-заразных» зон.

Всего сформировано шесть принципов, соответствующих СП 158.13330.2014 и требованиям к организации технологических процессов в медицинских учреждениях. Кроме СП 158.13330.2014 существует еще один важный нормативный документ, непосредственно касающийся медицинских организаций, — СП 2.1.3678-20 [5].



Рис. 4. Правила разведения технологических потоков в медицинских организациях

Анализ документов выявил ряд разночтений:

1. Санитарно-эпидемиологические требования ужесточают термин «условно заразных» зон и конкретизируют «заразный» и «чистый» потоки.

2. В части отделения реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) СП 158.13330.2014 не содержит обязательного требования к изолированной палате в составе отделения, в отличие от СП 2.1.3678-20, что существенно влияет на организацию функциональных зон и потоков в данном подразделении.

3. Зоны в центральном стерилизационном отделении (ЦСО) детализированы в СП 2.1.3678-20, в отличие от формальных «зон», описанных в сравниваемом документе.

Выявленные разночтения способны стать основой для дополнений к существующим регламентам работы медицинских учреждений. Кроме того, они сказываются на архитектурно-планировочных решениях в целом, а разрозненность потоков может привести к неэффективной эксплуатации учреждения уже на этапе ввода в действие и помешать выполнению его ключевых функций.

Помимо основополагающих нормативных документов имеется методическое пособие к СП 158.13330.2014 [6], которое углубляет его положения, особенно в архитектурно-планировочных решениях с учетом технологических процессов; в нем приведены схемы-конфигурации блоков помещений.

В этом пособии при визуализации планировок вводится термин «стерильный» поток, отсутствующий в вышеуказанных источниках. Кроме того, здесь представлены схемы организации технологических процессов для ОРИТ, ЦСО, операционного блока, пищеблока, прачечной, палатных секций, вертикального транспорта, но без учета входных групп помещений и общественных зон — первого звена взаимодействия пациентов и персонала.

Рассматриваемые источники противоречат друг другу в методах разделения потоков, не охватывая комплексный подход: пациенты, процессы, персонал, — что не гарантирует эффективную работу больницы скорой медицинской помощи (БСМП). Требуется разработка единой классификации всех технологических процессов с учетом их одновременного функционирования. Эта классификация послужит основой для качественного проектирования по заданным схемам движения потоков. Уже целесообразно применять отдельные примеры архитектурно-планировочных решений, адаптируя их под единую классификацию.

**Заключение.** Проведенное исследование позволило рассмотреть разнообразные принципы организации входных групп и общественных зон на примере маршрутизации пациентов по различным сценариям, а также проанализировать организации пространств в многопрофильных стационарах. Кроме того, выполнен анализ нормативной документации с выявлением разночтений. Установлено, что современные подходы к разделению потоков в медицинских учреждениях эволюционируют под влиянием внешних факторов (инфекции, урбанизация). Однако большинство изученных практик носят фрагментарный характер, игнорируя поточность персонала и технологий, что препятствует комплексному развитию архитектурно-планировочных решений для многопрофильного стационара. В анализе нормативов разночтения в терминологии не позволяют унифицировать трактовку технологических процессов, что впоследствии может осложнить этапы проектирования и реконструкции зданий медицинского назначения. Все нормативные документы опираются на принцип «блоков» и разделения потоков внутри них, не учитывая их взаимосвязанность.

В перспективе на основе выявленных разночтений и методик маршрутизации пациентов в общественных пространствах и входных группах планируется разработка собственной классификации потоков — не только пациентов, но и всего персонала, включая вспомогательный, — с учетом проанализированных принципов. При комплексном проектировании медицинской организации необходимо охватывать всех участников, не ограничиваясь движением пациентов.

### Список литературы

1. Бабенко А.И., Мураховский А.Г., Томчук А.Л., Бравве Ю.И. О формировании потока пациентов в многопрофильном стационаре. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2012;(6):35–38.
2. Дивеев И.А., Кобякова О.С., Шибалков И.П. Оптимизация маршрутизации потоков пациентов как основа повышения организационной эффективности оказания амбулаторно-поликлинической помощи (опыт Томской области). *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2020;35(4):95–102. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2020-35-4-95-102>
3. Хрипун А.И. (ред.) *Алгоритм проведения медицинской сортировки на госпитальном этапе оказания медицинской помощи в медицинских организациях государственной системы здравоохранения города Москвы, оказывающих специализированную, в том числе высокотехнологичную, медицинскую помощь детскому населению*; Департамент здравоохранения города Москвы, ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ». Москва: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ»; 2022. 28 с. URL: <https://niioz.ru/upload/iblock/27d/27d56cd475e9231da84041b946faa664.pdf> (дата обращения: 15.12.2025).
4. СП 158.13330.2014. *Здания и помещения медицинских организаций*. Правила проектирования: свод правил. ЗАО «Гипроздрав». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110514> (дата обращения: 15.12.2025).
5. СП 2.1.3678–20. *Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг: санитарные правила*. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. URL: <https://base.garant.ru/400163274/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33> (дата обращения: 17.12.2024).
6. Методическое пособие. *Проектирование медицинских организаций*. ФАУ «ФЦС». URL: [https://meganorm.ru/mega\\_doc/norm/zadanie\\_forma/0/metodicheskoe\\_posobie\\_proektirovanie\\_meditsinskikh.html](https://meganorm.ru/mega_doc/norm/zadanie_forma/0/metodicheskoe_posobie_proektirovanie_meditsinskikh.html) (дата обращения: 17.12.2025).

***Об авторе:***

**Полина Евгеньевна Олейникова**, студент 1 курса магистратуры Института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344041, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Шаповалова, 2а), [olejnikovapolina@gmail.com](mailto:olejnikovapolina@gmail.com)

***Конфликт интересов:*** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

***Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.***

***About the Author:***

**Polina E. Oleynikova**, 1<sup>st</sup> Year Master's Degree Student of the Institute of Advanced Technologies "School of X", Don State Technical University (2a, Shapovalova Str., Rostov-on-Don, 344041, Russian Federation), [olejnikovapolina@gmail.com](mailto:olejnikovapolina@gmail.com)

***Conflict of Interest Statement:*** the author declares no conflict of interest.

***The author has read and approved the final manuscript.***

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004

### Особенности применения искусственного интеллекта при управлении жизненным циклом объектов строительства и городского хозяйства

**И.В. Плашкарев, Е.А. Плашкарева, П.В. Федяева**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В ходе исследования были проанализированы существующие методы применения технологий искусственного интеллекта при планировании жилых территорий, а также принципы управления жизненным циклом объектов капитального строительства и городского хозяйства в Российской Федерации. Отечественные и зарубежные публикации, наряду с официальными материалами органов власти, послужили основой для выработки теоретической базы внедрения цифровых сервисов в градостроительную практику. В рамках исследования рассмотрены направления использования нейросетевых моделей для координации проектных процессов и создания благоприятной городской среды. Полученные результаты позволяют рассматривать технологии искусственного интеллекта как инструмент поддержки управленческих решений и синхронизации действий в составе междисциплинарного подхода к обеспечению жизненного цикла градостроительных объектов.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, жизненный цикл, объект капитального строительства, нейросетевые технологии, градостроительное проектирование, жилые районы, городская среда, цифровая трансформация, цифровой двойник, управление командами

**Для цитирования.** Плашкарев И.В., Плашкарева Е.А., Федяева П.В. Особенности применения искусственного интеллекта при управлении жизненным циклом объектов строительства и городского хозяйства. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):11–14.

### Features of Artificial Intelligence Application to Life Cycle Management of the Construction and Municipal Utility Objects

**Igor V. Plashkarev, Elizaveta A. Plashkareva, Polina V. Fedyeva**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The study analyses the existing approaches to using the artificial intelligence technologies in urban planning of residential areas, as well as the principles of lifecycle management of the capital construction and municipal utility objects in the Russian Federation. National and international publications, along with the officially adopted documents, served the basis for development of a theoretical framework for implementing digital technologies into urban planning. The areas for using the neural network models to coordinate project processes and create a friendly urban environment have been studied. The obtained results proved the potential of artificial intelligence technologies to be a tool for supporting managerial decisions and synchronising actions in the frame of the interdisciplinary approach to ensuring full lifecycle of urban planning objects.

**Keywords:** artificial intelligence, life cycle, capital construction object, neural network technologies, urban planning, residential areas, urban environment, digital transformation, digital twin, team management

**For Citation.** Plashkarev IV, Plashkareva EA, Fedyeva PV. Features of Artificial Intelligence Application to Life Cycle Management of the Construction and Municipal Utility Objects. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):11–14;

**Введение.** В настоящее время подходы к проектированию жилых районов претерпевают существенные трансформации. В условиях роста плотности городской среды, повышения стандартов качества жизни и необходимости сохранения объектов культурного наследия (ОКН) разрабатываются комплексные стратегии развития городской инфраструктуры и обновления территорий в мегаполисах с учётом полного жизненного цикла объектов капитального строительства. Такой системный подход обеспечивает более высокую эффективность и устойчивость управленческих решений в долгосрочной перспективе. Одновременно заметно возрастает интерес к использованию методов искусственного интеллекта для управления проектными процессами, что открывает новые возможности по оптимизации градостроительных решений и повышению их адаптивности к условиям городской среды.

Объект исследования — градостроительные и реновационные проекты крупных городов, реализуемые в рамках полного жизненного цикла объектов капитального строительства. Предмет исследования — методы и практики применения технологий искусственного интеллекта для управления командами и процессами на этапах жизненного цикла градостроительных и реновационных проектов. Цель исследования — выявление взаимосвязей и тенденций использования технологий искусственного интеллекта для управления командами и процессами на различных этапах жизненного цикла проектирования жилых районов и реновации в мегаполисах.

В границы исследования включены градостроительные и реновационные проекты крупных городов, реализуемые в рамках полного жизненного цикла объектов капитального строительства, а также программные решения на базе технологий искусственного интеллекта для управления командами и проектными процессами. Исследование опирается на анализ отечественного и зарубежного опыта.

**Основная часть.** В современной практике управления капитальными строениями и городским хозяйством формируется комплексный подход, объединяющий градостроительные концепции и передовые информационные технологии в рамках жизненного цикла объекта. Жизненный цикл — это путь, включающий последовательно взаимосвязанные этапы от первоначальной идеи до завершения срока службы и вывода объекта из эксплуатации. Рассмотрим схему жизненного цикла (рис. 1).



Рис. 1. Схема жизненного цикла объекта строительства

На рис. 1 представлена логика развития объектов капитального строительства — от формирования замысла до прекращения их использования. Обобщённая модель служит базой для анализа подходов к внедрению цифровых и интеллектуальных технологий с учётом специфики проектных процессов и применяемых управленческих решений на каждой стадии цикла.

Применение программных решений с элементами искусственного интеллекта проявляется в различных формах и зависит от уровня цифровизации процесса строительства, организационной модели управления проектом и нормативных ограничений. Поэтому целесообразно рассматривать применение технологий искусственного интеллекта в контексте стадий жизненного цикла, что даёт детализированное понимание существующих практик.

На стадии формирования идеи проекта программы на базе искусственного интеллекта используются для задач градостроительства и реновации, в том числе для сохранения объектов культурного наследия. Такие технологии аккумулируют данные о жилых районах, территориальной застройке, транспортной инфраструктуре и ограничениях землепользования. Большие данные (Big Data) автоматизируют анализ и сравнение параметров, что помогает обосновать организационные решения на ранней стадии проекта. Так, в научной повестке упоминаются про-

граммы SpaceMaker и Finch, в которых реализованы алгоритмы машинного обучения для автоматической генерации планировочных решений и элементов градостроительных концепций с учётом множества параметров [1]. В контексте цифровой трансформации управления жизненным циклом капитальных объектов получают распространение цифровые двойники (Digital Twin) [2]. Данная практика позволяет повысить качество городской среды и эффективнее использовать городские ресурсы. Так, для Москвы создан цифровой аналог с элементами искусственного интеллекта (рис. 2), который моделирует сценарии планирования застройки и предварительно оценивает влияние нового объекта на транспортные сети городского хозяйства [3].



Рис. 2. Цифровой двойник города Москвы — иллюстрация из статьи «Института Территориального Планирования ГРАД» [3]

В ряде исследований описано успешное внедрение нейросетевых моделей в организацию рабочих процессов для управления временем (time management) [4]. Такое применение информационных технологий подтверждает их практическую целесообразность в строительной сфере.

На этапе «Проектирование и подготовка» (рис. 1) интеграция интеллектуальных систем способствует оптимизации документооборота — это упрощает подготовку, разработку и согласование проектной и рабочей документации. Так, Центр искусственного интеллекта в градостроительстве на платформе ГБУ «Мосстройинформ» разработал веб-сервис «Цифровой нормоконтроль», внедряемый в практику градостроительства для автоматизированной проверки проектной и рабочей документации на соответствие стандартам ГОСТ Р 21.101–2020 [5].

Также цифровые двойники городских территорий применяются на этапе жизненного цикла «Реализация» для контроля строительных работ посредством интеграции с системами мониторинга, а на этапе «Эксплуатация и сопровождение» — для задач благоустройства и анализа технического состояния объектов.

**Заключение.** Проведённое исследование демонстрирует, что в рамках междисциплинарного подхода к жизненному циклу объектов капитального строительства внедрение систем искусственного интеллекта открывает новые возможности управления как техническими, так и организационными аспектами градостроительных проектов. Перспективность использования нейросетевых моделей в строительной отрасли высока во всех регионах России, что подчёркивает важность развития данного направления в условиях цифровой трансформации отрасли.

#### Список литературы

1. Власова Е.Л., Власова М.Л., Боровикова Н.В., Карелин Д.В. Искусственный интеллект в архитектурно-градостроительном проектировании. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2023;(4(65)):311–324. <https://doi.org/10.24412/1998-4839-2023-4-311-324>
2. Лapidус А.А., Адамцевич Л.А. Цифровая трансформация процессов управления жизненным циклом объектов жилой и инженерной инфраструктуры в проектах комплексного развития территорий. *Недвижимость: экономика и управление*, 2025;(2):6–12. <https://doi.org/10.22337/2073-8412-2025-2-6-12>
3. Юрьев И. Использование искусственного интеллекта в урбанистике и градостроительстве. *Институт Территориального Планирования ГРАД*. URL: <https://itpgrad.ru/education/articles/ispolzovanie-iskusstvennogo-intellekta-v-urbanistike-i-gradostroitelstve> (дата обращения 18.01.2026).
4. Savaş S. Artificial Intelligence in Construction Project Management: Trends, Challenges and Future Directions. *Journal of Design for Resilience in Architecture and Planning*. 2025;6(2):221–238. <https://doi.org/10.47818/DRArch.2025.v6i2165>
5. Сервис «Цифровой нормоконтроль» тестируется в девяти регионах. *Градостроительный комплекс Москвы*. URL: <https://stroj.mos.ru/news/siervis-tsifrovoy-normokontrol-tiestiruetsia-v-dieviati-rieghionakh-strany> (дата обращения 18.01.2026).

**Об авторах:**

**Игорь Вячеславович Плашкарев**, студент 1 курса магистратуры Института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344041, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Шаповалова 2а), [igor.stud-official@mail.ru](mailto:igor.stud-official@mail.ru)

**Елизавета Алексеевна Плашкарева**, студент 1 курса магистратуры Института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344041, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Шаповалова 2а), [e.lizaveta.demyanova.03@gmail.com](mailto:e.lizaveta.demyanova.03@gmail.com)

**Федяева Полина Валерьевна**, кандидат технических наук, доцент института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344041, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Шаповалова 2 а), [fedyaeva.polina@yandex.ru](mailto:fedyaeva.polina@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

**About the Authors:**

**Igor V. Plashkarev**, 1<sup>st</sup> Year Master's Degree Student of the Institute of Advanced Technologies "School of X", Don State Technical University (2a, Shapovalova Str., Rostov-on-Don, 344041, Russian Federation), [igor.stud-official@mail.ru](mailto:igor.stud-official@mail.ru)

**Elizaveta A. Plashkareva**, 1<sup>st</sup> Year Master's Degree Student of the Institute of Advanced Technologies "School of X", Don State Technical University (2a, Shapovalova Str., Rostov-on-Don, 344041, Russian Federation), [e.lizaveta.demyanova.03@gmail.com](mailto:e.lizaveta.demyanova.03@gmail.com)

**Polina V. Fedyaeva**, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Institute of Advanced Technologies "School of X", Don State Technical University (2a, Shapovalova Str., Rostov-on-Don, 344041, Russian Federation), [fedyaeva.polina@yandex.ru](mailto:fedyaeva.polina@yandex.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 72

### Формирование архитектурного облика гостиниц с учётом естественного освещения и визуальной связи с окружающей средой

В.С. Пронникова, Е.В. Пименова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Рассматриваются архитектурные принципы формирования внешнего облика гостиничных зданий с учётом естественного освещения и визуальных связей с окружающей средой. Проанализированы фасадные и объёмно-пространственные решения, ориентированные на рациональное использование дневного света, раскрытие видовых направлений и интеграцию архитектуры в природный и градостроительный контекст. Особое внимание уделено роли остекления, ориентации объёмов, пластике фасадов и переходным пространствам в формировании выразительного архитектурного образа гостиничных комплексов. Показано, что природные факторы как элементы архитектурной концепции способствуют созданию устойчивых и контекстуально обусловленных зданий, отвечающих современным требованиям гостиничной архитектуры.

**Ключевые слова:** архитектура, гостиница, фасады, естественное освещение, визуальные связи, архитектурный облик, биофильные принципы

**Для цитирования.** Пронникова В.С., Пименова Е.В. Формирование архитектурного облика гостиниц с учётом естественного освещения и визуальной связи с окружающей средой. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):15–19.

### Formation of the Architectural Appearance of Hotels Taking into Account the Natural Lighting and Visual Connection to the Environment

Valeria S. Pronnikova, Elena V. Pimenova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article studies the architectural principles underlying the formation of the external appearance of the hotel buildings, taking into account natural lighting and visual connection to the environment. Facade and spatial design solutions targeted at the rational use of daylight, at opening the visual axes, and integration of architecture into the natural and urban environment have been analysed. Particular attention has been paid to the role of glazing, building massing and orientation, façade flexibility, and transitional spaces in forming the expressive architectural appearance of the hotel complexes. It has been demonstrated that incorporation of natural elements into the architectural concept contributes to the creation of sustainable and context-relevant buildings that meet modern requirements of hotel architecture.

**Keywords:** architecture, hotel, facades, natural lighting, visual connections, architectural appearance, biophilic principles

**For Citation.** Pronnikova VS, Pimenova EV. Formation of the Architectural Appearance of Hotels Taking into Account the Natural Lighting and Visual Connection to the Environment. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):15–19.

**Введение.** Современные гостиничные комплексы всё чаще возводятся в зонах плотной застройки или рядом с объектами природной и эстетической ценности — прибрежными участками, городскими парками, историческими кварталами, рельефными ландшафтами. Здесь проявляется противоречие между архитектурным решением сооружения и его окружением. Здания замыкаются на себя, обретая закрытые или перегруженные фасады, а природные и климатические особенности участка остаются без внимания. Вместо ориентации объёмов и раскрытия панорамных видов прибегают к универсальным приёмам, оторванным от конкретного места.

Естественное освещение выступает базовым фактором проектирования. Дневной свет определяет структуру планировки, облик общественных пространств и восприятие фасадов. Через оконные проёмы, балконы, остеклённые галереи возникает визуальный диалог с ландшафтом. В ряде проектов именно взаимодействие со светом и видами ложится в основу выразительного архитектурного образа [1].

Визуальная связь гостиницы с окружением диктует ключевые архитектурные задачи — от ориентации объёма до пластики фасада. При верном подходе здание органично вписывается в контекст. Однако на практике эти аспекты разрозненны, что разрушает целостность образа. Возникает потребность в системном осмыслении внешнего облика гостиничных комплексов с учётом естественного света и визуальных связей со средой. Цель исследования — анализ приёмов, гармонизирующих эти факторы в гостиничном проектировании. Рассматриваются размещение сооружений, фасадные решения, остекление и солнцезащита в зависимости от климатических и градостроительных условий. Статья обобщает опыт отечественной и зарубежной практики. Выявлены примеры, где освещение и визуальные связи служат фундаментом архитектурного облика, способствуя диалогу гостиницы с природой и городом [2].

**Основная часть.** Современные гостиничные комплексы представляют собой многогранные пространственные системы на стыке городской, природной и рекреационной сред. Выбор участка и формирование силуэта требуют тонкого подхода: в отличие от иных общественных объектов, отели предполагают продолжительное пребывание гостей и их живое общение с миром. В эпоху урбанизации архитектура должна обеспечивать лад между зданием, ландшафтом и инфраструктурой.

Расцвет туризма и гостиничное строительство нередко разрывают эту связь. Масштабные объёмы, глухие фасады, неверная ориентация рожают визуально автономные объекты, чуждые окружению. В итоге теряется выразительность, а световые и панорамные ресурсы остаются не затронутыми.

Решающую роль играет естественное освещение. Оно моделирует планировку номеров и зон отдыха, фасадную композицию. Ошибки в инсоляции провоцируют зависимость от ламп, рост энергозатрат и обеднение образа. Точная ориентация и работа со светом рожают стройную композицию, оттеняющую суть отеля [3]. Не менее значима визуальная гармония с ландшафтом. В природных зонах её воплощают панорамы, террасы, зелёные крыши. В урбанистике — прозрачность цоколя, диалог фасадов с площадями, включение в оси восприятия. Дефицит таких мер ведёт к замкнутости, обедняя опыт гостей и города.

Пренебрежение природными началами сказывается на эстетике и деле. Скучная инсоляция, сжатые виды, монотонные стены подрывают привлекательность отелей и качество среды. Плотная застройка без панорам усугубляет перегрев и микроклиматические изъяны.

Оптимизация требует принципов, заточенных под свет и визуальные связи: рациональную ориентацию, фасадную дифференциацию по инсоляции, солнцезащитные приёмы [4].

**Примеры успешного формирования архитектурного облика гостиниц с учётом естественного освещения и визуальной связи с окружающей средой.** В мировой архитектурной практике существует ряд реализованных гостиничных объектов, демонстрирующих эффективную интеграцию природных факторов в формирование архитектурного облика. Такие проекты подтверждают, что использование естественного освещения и визуальной связи с окружающей средой может выступать не только функциональным, но и формообразующим приёмом, определяющим композицию здания, характер фасадов и пространственную организацию гостиничного комплекса.

Одним из наиболее показательных примеров является гостиничный комплекс Marina Bay Sands в Сингапуре, ставший архитектурной доминантой прибрежной зоны города (рис. 1).



Рис. 1. Marina Bay Sands в Сингапуре [5]

Внешний вид комплекса разработан с акцентом на открывающиеся виды на залив и городские пейзажи. Три корпуса отеля расположены так, чтобы гарантировать наибольшее количество солнечного света в номерах. Сплошное остекление фасадов акцентирует высоту сооружений и укрепляет зрительную связь между внутренними помещениями и окружающим пейзажем. Функциональная крыша с зонами для отдыха и бассейном создаёт ещё один уровень взаимодействия здания и природы, являясь важным компонентом архитектурного решения. [6].

Гостиница Jakarta в Амстердаме представляет собой пример успешного использования естественного освещения как основного композиционного элемента (рис. 2).

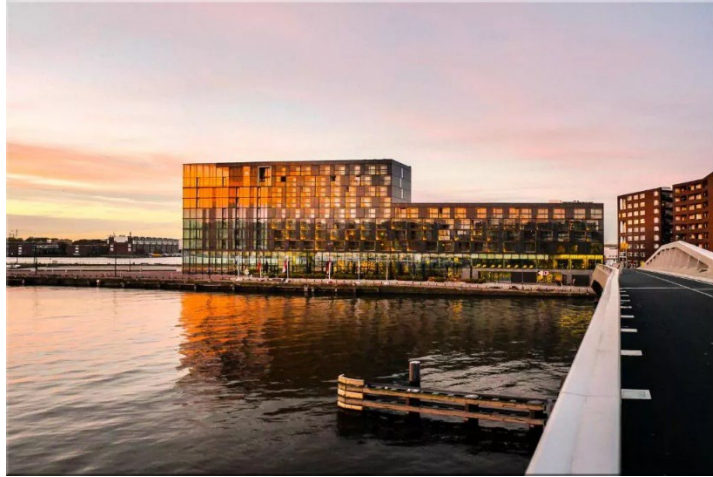


Рис. 2. Гостиница Jakarta в Амстердаме [7]

Центральным элементом архитектурной композиции объекта выступает остеклённый атриум, обеспечивающий инсоляцию общественных пространств и формирующий визуальную преемственность между этажами. Фасады гостиницы характеризуются использованием ритмичного членения светопрозрачных конструкций в сочетании с элементами из натуральной древесины, что способствует созданию тактильно тёплого и художественно выразительного образа. Дифференцированная ориентация здания и раскрытие панорамных видов на акваторию порта обеспечивают активное взаимодействие объекта с городской средой и водным ландшафтом [8].

Примером формирования облика гостиничного предприятия с учётом естественного освещения и эстетической связи с окружением является комплекс Juvet Landscape, возведённый в горной долине Норвегии (рис. 3).



Рис. 3. Juvet Landscape в Норвегии [9]

Фундаментальная концепция архитектурного решения данного комплекса заключается в трансляции бережного отношения к естественной среде. Гостевые зоны реализованы в формате изолированных функциональных блоков, размещённых с филигранным учётом рельефа местности и экспозиции по сторонам света. Подобное позиционирование объёмов позволяет интегрировать динамику движения солнца в процесс моделирования внутреннего пространства. Корпуса локализованы таким образом, чтобы обеспечить в жилых помещениях нормативный уровень дневного света и сохранить панорамный обзор лесного массива, скалистых участков и русла реки.

Экстерьер зданий детерминирован применением крупноформатных проёмов. Панорамное остекление, занимающее доминирующую площадь фасадов, выступает не только функциональным компонентом, но и инструментом архитектурной пластики. Благодаря этому интерьеры визуально сопрягаются с ландшафтным окружением, а граница между антропогенным объектом и природой нивелируется. Глухие участки внешних стен выполнены из аутентичных материалов в сдержанной колористической гамме тёмных тонов, что минимизирует визуальный диссонанс зданий на фоне естественного ландшафта [10].

Проведённый анализ свидетельствует, что использование инсоляционного потенциала и визуальных связей существенно корректирует восприятие гостиничного комплекса. Продуманная пространственная организация, активное внедрение транспарентных элементов, атриумов и видовых точек позволяют формировать уникальные решения, органично интегрированные в контекст застройки. Применение данных методов способствует реализации экологических и долговечных проектов, повышающих потребительскую привлекательность объекта в конкурентной среде. Изучение мирового опыта доказывает эффективность подобных стратегий при проектировании в различных географических условиях, включая регионы с контрастными природными характеристиками.

Роль природных факторов в генезисе архитектурного облика гостиниц. Интеграция средовых факторов в архитектуру отелей оказывает детерминирующее влияние на пространственную структуру и эстетику зданий. Параметры участка, морфология рельефа и ориентация по осям координат определяют логику фасадных решений и планировочную структуру. В современной практике данные аспекты трансформируются в органическую часть проектного замысла.

Ключевым фактором выступает естественное освещение, обуславливающее психофизиологический комфорт и специфику зонирования. При рациональной экспозиции объекта дневной свет беспрепятственно проникает в жилые и рекреационные зоны, что позволяет оптимизировать глубину помещений и снизить энергопотребление. Это непосредственно отражается на соразмерности объёмов и тектонике фасадов.

Нефункциональную, но значимую роль играет визуальный контакт с окружением. Открытые перспективы ландшафта или городской панорамы формируют идентичность гостиницы. В этом контексте архитектурные приёмы — остекление, лоджии, террасы — рассматриваются как средства медиации между зданием и местом. Архитектурная форма утрачивает замкнутость, вступая в диалог с пространством.

Климатические параметры также диктуют условия формообразования. Солнцезащитные устройства, выносы кровли и ниши в плоскости стен позволяют регулировать теплоступления, одновременно усложняя пластическую выразительность объекта.

**Заключение.** В работе обоснована значимость световой среды и ландшафтных условий при проектировании гостиничных объектов. Рассмотренные примеры подтверждают, что природные факторы являются базисными при формировании их облика. Инсоляция и визуальные связи влияют как на экстерьер, так и на планировочную организацию. За счёт использования ресурсов дневного света достигается открытость планов, сокращается потребность в искусственной подсветке и снижается нагрузка на инженерные системы.

Фасад в данной парадигме функционирует как адаптивный интерфейс между интерьером и внешней средой. Применение светопрозрачных конструкций и солнцезащиты позволяет сочетать эксплуатационную надёжность с высоким уровнем комфорта. В исследовании отмечается необходимость дальнейшего изучения корреляции между световым режимом, фасадными конфигурациями и пространственной логикой отелей. Глубокое освоение данных аспектов открывает возможности для создания устойчивой и контекстуально ориентированной архитектуры.

#### Список литературы

1. Гельфонд А.Л. *Архитектура общественных зданий*: учебное пособие. Москва: Архитектура-С.; 2018. 282 с. URL: <https://djvu.online/file/iDIfr4jIpfY3J> (дата обращения: 05.01.2026).
2. Kellert SR, Heerwagen J, Mador M. *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*. New York: John Wiley and Sons; 2008. 432p. URL: <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/5929/05/L-G-0000592905-0002338697.pdf> (дата обращения: 05.01.2026).
3. СП 52.13330.2016. *Естественное и искусственное освещение*. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. Москва: Минстрой России, 2016. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=472309> (дата обращения: 05.01.2026).
4. Кияненко К.В. *Архитектурная среда и визуальное восприятие города*. Москва: Стройиздат, 2016. URL: [https://tatlin.ru/lib/arxitektturnoprostranstvennaya\\_sreda\\_goroda\\_kak\\_obekt\\_zritel'nogo\\_vospriyatiya](https://tatlin.ru/lib/arxitektturnoprostranstvennaya_sreda_goroda_kak_obekt_zritel'nogo_vospriyatiya) (дата обращения: 05.01.2026).
5. *Комплекс Марина Бэй Сэндс в Сингапуре*. URL: <https://www.marinabaysands.com> (дата обращения: 05.01.2026).
6. *Marina Bay Sands в Сингапуре*. URL: [https://www.architime.ru/specarch/moshe\\_safdy\\_2/marina\\_bay\\_sands.htm](https://www.architime.ru/specarch/moshe_safdy_2/marina_bay_sands.htm) (дата обращения: 05.01.2026).

7. Гостиница Jakarta в Амстердаме. URL: <https://hoteljakarta.com/> (дата обращения: 05.01.2026).

8. ArchDaily. Гостиница Jakarta в Амстердаме. URL: <https://www.archdaily.com/899081/hotel-jakarta-search> (дата обращения: 05.01.2026).

9. Juvet Landscape в Норвегии. URL: <https://juvet.com/en/> (дата обращения: 05.01.2026).

10. ArchDaily. Juvet Landscape в Норвегии. URL: <https://www.archdaily.com/8600/juvet-landscape-hotel-jsa> (дата обращения: 05.01.2026).

**Об авторах:**

**Валерия Сергеевна Пронникова**, магистрант кафедры «Архитектура» Донского государственного технического университета (344022, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [valpro2108@gmail.com](mailto:valpro2108@gmail.com)

**Елена Валерьевна Пименова**, профессор, заведующая кафедрой «Архитектура» Донского государственного технического университета (344022, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [epimen@yandex.ru](mailto:epimen@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

**About the Authors:**

**Valeria S. Pronnikova**, Master's Degree Student of the Department of Architecture, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [valpro2108@gmail.com](mailto:valpro2108@gmail.com)

**Elena V. Pimenova**, Cand.Sci. (Architecture), Professor, Head of the Department of Architecture, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [epimen@yandex.ru](mailto:epimen@yandex.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 727.1

### Анализ проектных особенностей существующей пространственно-планировочной структуры общеобразовательных школ в РФ

**В.О. Глаголев**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Статья посвящена исследованию эволюции пространственно-планировочной структуры школьных пространств на территории России с XVIII–XIX веков до настоящего времени. В работе последовательно рассматриваются ключевые исторические этапы: дореволюционный период, характеризующийся специфическими подходами к организации образовательных зданий, советский период с его акцентом на типовое строительство, и постсоветский период, отмеченный активным поиском новых архитектурно-планировочных форм и решений. Проведён анализ фундаментальных причин, обусловивших данные изменения, включая смену парадигм в педагогике, развитие информационного общества и формирование общественного запроса на повышение открытости образовательных учреждений. Детально описаны современные тенденции в проектировании школьных пространств, такие как функциональное зонирование, применение модульных принципов организации среды, создание трансформируемых помещений и развитие коммуникационных зон.

**Ключевые слова:** проектирование, школы, общеобразовательные учреждения, архитектура, строительство, объемно-планировочная структура

**Для цитирования.** Глаголев В.О. Анализ проектных особенностей существующей пространственно-планировочной структуры общеобразовательных школ в РФ. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):20–23.

### Analysis of Design Features in the Spatial-Planning Pattern of Comprehensive Schools in the Russian Federation

**Vladislav O. Glagolev**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article studies the evolution of spatial-planning patterns used in building schools in Russia from the XVIII–XIX centuries to the present time. It consistently investigates the milestone historical stages: the pre-revolutionary period attributed with the definite approaches to planning the space in the educational buildings; the Soviet period, with its emphasis on the standardized construction; and the post-Soviet period, marked by an active search for new forms and solutions in architectural planning. The fundamental factors inducing the above transformations, such as the change of the pedagogical paradigms, the development of the information society, and formation of the public demand for greater openness of the educational institutions, have been analysed. Modern trends in spatial design of schools, i.e. functional zoning, implementation of the modular principle of organisation of the environment, creation of the transformable spaces, and the development of zones for communication, have been described in detail.

**Keywords:** design, schools, comprehensive education institutions, architecture, construction, spatial-planning pattern

**For Citation.** Glagolev VO. Analysis of Design Features in the Spatial-Planning Pattern of Comprehensive Schools in the Russian Federation. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):20–23.

**Введение.** Пространственно-планировочная структура школьных зданий в России отражает не только архитектурные направления, но и социально-педагогические концепции, доминировавшие в различные исторические эпохи. За последнее столетие возведение образовательных учреждений прошло путь от единичных дореволюционных сооружений к типовой застройке советского периода и далее — в постсоветское время — к активному

поиску новых форм. Современный этап характеризуется стремлением интегрировать международный опыт и потребности информационного общества. Однако некоторые унаследованные стандартизированные решения не соответствуют динамично меняющимся образовательным запросам. Существующие исследования зачастую сосредоточены на рекреационных зонах, функциональном зонировании пространств в целом, анализе тенденций и истории архитектуры образовательных учреждений.

В ходе настоящего исследования описывается исторический путь эволюции планировочных решений школьных учреждений, факторы влияния на данные решения и развитие методов пространственной организации в России. Представлены предложения по внедрению инновационных типов пространств в структуру современных школ.

**Основная часть.** Современная российская школьная архитектура берёт своё начало в XVIII–XIX веках [1]. В этот период под воздействием европейских архитектурных тенденций была заложена основа классно-урочной системы. Планировочные решения школ того времени не отличались унификацией: от региона к региону, от села к селу они имели различную площадь и наполняемость в зависимости от потребностей, численности населения и финансовых возможностей. Лишь одна характеристика объединяла все учреждения — состав помещений.

К примеру, в тот период были распространены одноклассные школы (рис. 1). Площадь их составляла около 250 м<sup>2</sup>. В подобных небольших учреждениях помимо учебного класса обязательно предусматривались раздевалка, комната учителя, смежная с кухней, предназначенная для бытовых нужд преподавателя [2].

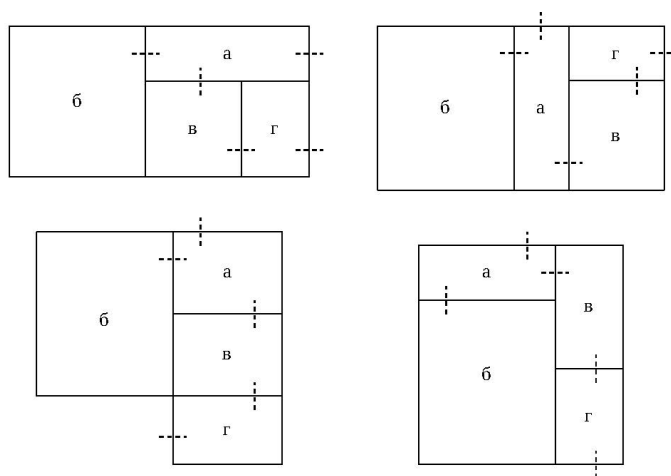


Рис. 1. Планы одно классных школ XIX на 40–60 учеников: а — раздевалка, б — учебный класс, в — комната учителя, г — кухня, - - - — дверной проем

Советский период стал переломным этапом развития школьного строительства ещё в довоенное время. В этот период была сформирована трёхступенчатая система образовательных учреждений: начальная, неполная средняя и средняя школа, а также инициирован процесс массового возведения зданий по типовым проектам. Для рассматриваемых лет характерно преобладание П-образных объёмно-планировочных решений (рис. 2), основанных на симметричной композиции и чёткой организации внутренних связей. Их ключевой особенностью являлась протяжённая коридорная ось длиной до 70 метров, вдоль которой последовательно располагались учебные классы и иные основные помещения. При этом коридор рассматривался преимущественно как коммуникационный элемент: он обеспечивал транзитное перемещение между функциональными зонами, но не предполагал использования в качестве рекреационного пространства для отдыха и не был ориентирован на формирование комфортной среды пребывания учащихся.

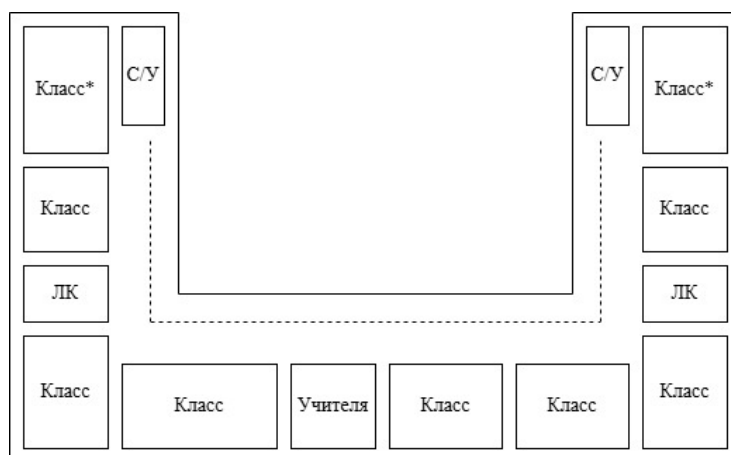


Рис. 2. Типовой этаж П-образной школы:

\* — специализированный класс, - - - — путь движения по коридору

В послевоенный период отмечается рост вместимости школ, а также выделение автономного блока для младших классов. Возрастное разделение учащихся превратилось в определяющую функциональную задачу образовательного учреждения.

Согласно исследованиям, проекты прошлых десятилетий строго соответствовали принципам классно-урочной системы. Их структура напоминала конвейерное производство: пространство делили на стандартизированные классы, а учебное время — на фиксированные 45-минутные уроки. Эта модель, получившая название «системы Форда», была ориентирована на эффективную и оперативную передачу знаний большому числу обучающихся [3].

Следует отметить, что в советский период преследовалась цель массового возведения школьных зданий, для чего разработали типовые проекты, позволяющие сократить сроки проектирования и ускорить строительство.

Начиная с конца XX века в России, как и во многих странах мира, начался процесс переосмысления методов проектирования школ. На это повлияло несколько причин:

- смена педагогических концепций — активное внедрение индивидуального, проектного и игрового подходов к обучению (например, системы Монтессори [4]), что потребовало новых архитектурных решений;
- развитие информационного общества — возникла необходимость создания зон с доступом к цифровым технологиям, пространств для совместной деятельности и мест для отдыха;
- общественный запрос на открытость — школы перестали восприниматься как закрытые объекты, появилась потребность в их интеграции с местными сообществами, кружковыми секциями;
- демографические и градостроительные трансформации — увеличение численности учащихся и развитие микрорайонов создали спрос на рациональное, но функциональное использование пространства.

Современная практика реагирует на существующие вызовы определёнными тенденциями:

1. Зонирование по функциям и времени [5]. Эта концепция, представленная в исследовании визуального пространства, заключается в организации школьной среды с выделением постоянных, долговременных, краткосрочных и переменных зон. Это обеспечивает адаптацию использования помещений к потребностям, зависящим от временных параметров и видов деятельности.

2. Проектирование на основе модулей [6]. Использование базовых (обязательные функциональные зоны и помещения) и дополнительных (необязательных, но, как правило, повышающих уровень и комфорт учреждения) модулей позволяет изменять размер и структуру школы, учитывая актуальные требования.

3. Формирование универсальных трансформируемых помещений. Вместо жёсткой фиксации классов предлагается использовать пространства с мобильной мебелью и раздвижными перегородками. Подобная организация позволяет легко адаптировать помещения для работы в группах, индивидуальных занятий или лекций.

4. Развитие центрального коммуникационного пространства школы. Атриумы, рекреационные зоны с зимними садами, открытые лестницы становятся точками притяжения, местами для неформального общения и демонстрации достижений обучающихся.

5. Взаимодействие с внешним окружением. Использование панорамного остекления, внутренних дворов и подобных решений размывает границы между внутренним и внешним школьным пространством.

В современных нормативных документах уже учтены некоторые тенденции, однако большинство решений не являются обязательными и допускаются к реализации по заданию на проектирование от заказчика.

Например, присутствуют обязательные зоны рекреации, однако помещения, где обучающиеся могли бы заниматься индивидуально или готовиться к урокам, отсутствуют. Введение подобного помещения самоподготовки могло бы решить ряд проблем:

Во многих школах существует вторая смена, обучение которой начинается обычно в полдень или во второй половине дня. Обучающимся не запрещено приходить в школу до начала занятий, но повторить материал или завершить домашнее задание негде, поэтому они вынуждены занимать места в зонах рекреации, не предназначенных для учебной деятельности. Поскольку зачастую первая смена еще не окончила учебный день, возникает пересечение потоков двух смен, и мест в рекреационной зоне может не хватить, так как площадь этих зон рассчитывается нормативно.

Ученики первой смены, в частности младшей школы, зачастую зависят от расписания родителей, которые не всегда могут забрать детей в дообеденное время, что приводит к нерациональному использованию времени ожидания.

Наличие помещения самоподготовки может быть полезно для всех школьников независимо от возраста и смены обучения. Преимущества данного помещения:

- очевидной пользой является безопасность ученика при нахождении в школе, где есть помещения приёма пищи, санитарные узлы и медицинский блок;
- развитие у школьников навыков самоорганизации и дисциплины, что способно положительно повлиять на успеваемость;

– снижение эмоционального напряжения обучающихся благодаря созданию условий для продуктивной интеллектуальной деятельности;

Если говорить о требованиях к подобному помещению, то, безусловно, оно должно отвечать требованиям к инсоляции. а также для того чтобы не возникало необходимости предусматривать рабочее место для преподавателя, стены, смежные с коридором, целесообразно делать остеклёнными для обеспечения визуального контроля помещения педагогами из коридора.

**Заключение.** На основании проведённого исследования можно утверждать, что проектные особенности не успевают за изменениями педагогической системы и современными тенденциями в образовании, поэтому требуется применение усовершенствованных подходов к проектированию.

Несмотря на прогресс в области архитектурного проектирования, сохраняется ряд нерешённых задач, обусловленных недостатком специализированной инфраструктуры и отсутствием унифицированных стандартов для внедрения инновационных практик. Совершенствование проектной документации и функциональности школьных пространств станут ключевыми факторами для достижения российскими школами нового качественного уровня, соответствующего международным нормам и требованиям XXI века.

Обновление практики проектирования предоставит возможность ученикам не только самообразовываться, но и коммуницировать и обмениваться знаниями друг с другом.

### Список литературы

1. Позднякова Е.В., Звягинцева М.М., Поздняков А.Л. Особенности организации объемно-планировочной структуры зданий школ (Российский опыт). *Известия Юго-Западного государственного университета*. 2016;(4):87–96.
2. Клевцова О.В., Жиров Н.А. Школьные здания во второй половине XIX в.: технические и гигиенические требования (на примере Орловской губернии). *История: факты и символы*. 2007;(2(23)):7–13.
3. Позняк С.В. *Архитектурно-планировочная организация школьного здания в условиях информационного общества (на примере Самары)*. Дис. канд. Архитектуры. Самара; 2009. 141 с.
4. Монтессори М. *Дом ребенка*. Метод науч. педагогики. С.Г. Займовский (пер.). Москва: Задруга, 1913. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003806273?ysclid=mlz0lepsdm470591970> (дата обращения: 23.02.2026).
5. Тухтаева М. Визуальное пространство школьного здания и учебного класса. *Вестник Педагогического университета*. 2018;(3(75)):76–83. URL: <file:///C:/Users/msnoving/Downloads/vizualnoe-prostranstvo-shkolnogo-zdaniya-i-uchebnogo-klassa.pdf> (дата обращения: 23.02.2026).
6. Бойко А.С. Особенности проектирования современных школьных зданий. В: *Сборник докладов Национальной конференции с международным участием «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук»*. Белгород, 18–20 мая 2022 года. Том Часть 2. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова; 2022. С. 49–54.

### Об авторе:

**Владислав Олегович Глаголев**, студент 1 курса магистратуры Института опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета (344041, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Шаповалова, 2а), [vira338565@gmail.com](mailto:vira338565@gmail.com)

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

*Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.*

### About the Author:

**Vladislav O. Glagolev**, 1<sup>st</sup> Year Master's Degree Student of the Institute of Advanced Technologies "School of X", Don State Technical University (2a, Shapovalova Str., Rostov-on-Don, 344041, Russian Federation), [vira338565@gmail.com](mailto:vira338565@gmail.com)

**Conflict of Interest Statement:** the author declares no conflict of interest.

*The author has read and approved the final manuscript.*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 72

### Адаптация общественных зданий к условиям перегрева

**В.Ю. Аржановская, Е.В. Пименова**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В статье анализируются архитектурные подходы к уменьшению перегрева общественных зданий в южных регионах России, где высокая температура воздуха и интенсивное солнечное излучение существенно влияют на комфорт и на формирование проектных решений. Цель исследования — определить архитектурные приёмы, уменьшающие тепловую нагрузку на здание и повышающие его энергоэффективность при сохранении функциональной простоты. На основе анализа отечественного и зарубежного проектного опыта в условиях жаркого климата, а также изучения распространённых солнцезащитных практик показано, что комплексное применение объёмно-планировочных приёмов, солнцезащитных элементов, оптимальной ориентации и раннего учёта климатических особенностей позволяет значительно снизить перегрев и сократить энергопотребление на охлаждение. Практическая значимость работы заключается в разработке универсального набора архитектурных решений, применимого при проектировании общественных зданий в южных регионах и служащего отправной точкой для дальнейших исследований в области энергоэффективной архитектуры для жаркого климата.

**Ключевые слова:** общественные пространства, энергоэффективность, экоустойчивость, проектирование, микроклимат, адаптивность, охлаждение

**Для цитирования.** Аржановская В.Ю., Пименова Е.В. Адаптация общественных зданий к условиям перегрева. *Молодой исследователь Дона.* 2026;11(3):24–29.

### Adaptation of Civic Buildings to Overheating

**Veronika Ju. Arzhanovskaya, Elena V. Pimenova**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article analyses the architectural approaches to reducing overheating of civic buildings in southern regions of Russia, where high air temperatures and intense solar radiation significantly affect the comfort of living and formation of design solutions. The aim of the study is to define the architectural techniques that reduce the thermal load of a building and improve its energy efficiency while maintaining functional simplicity. By analysing national and foreign design practices applied in hot climates, as well as by studying the widespread practices for solar shading, it has been demonstrated that the integrated use of spatial planning techniques, solar shading devices, optimal building orientation, and in advance consideration of climate specifics can significantly reduce overheating and amount of energy consumed for cooling. The practical significance of the article is included in the development of a set of universal architectural solutions applicable to the design of civic buildings in southern regions and serving a starting point for further research in the field of energy-efficient architecture for hot climates.

**Keywords:** public spaces, energy efficiency, sustainability, design, microclimate, adaptability, cooling

**For Citation.** Arzhanovskaya VYu, Pimenova EV. Adaptation of Civic Buildings to Overheating. *Young Researcher of Don.* 2026;11(3):24–29.

**Введение.** В южных районах России с каждым годом всё острее проявляется проблема перегрева общественных зданий. Рост среднегодовых температур, удлинение периодов жаркой погоды и высокая интенсивность солнечного излучения значительно влияют на эксплуатацию сооружений [1]. Летом здесь наблюдаются устойчиво повышенные температуры воздуха, продолжительные волны жары и усиленное солнечное облучение, что ухуд-

шает тепловой режим помещений и приводит к росту энергопотребления на их охлаждение [2]. Для культурно-досуговых центров, работающих с большими потоками людей и имеющих продолжительный режим эксплуатации, эта проблема особенно критична [3]. При этом значительная доля общественных объектов проектируется по типовым или устаревшим схемам без учёта современных климатических вызовов и локальных природных условий. В результате архитектура перестаёт выполнять функцию защиты от жары, и сама становится источником добавочных тепловых нагрузок [4].

В местах массового скопления людей — культурных центрах, учебных заведениях, административных зданиях и прочих общественных объектах — перегрев представляет собой особо острую проблему. Избыточное тепло ухудшает самочувствие посетителей, подрывает функциональную устойчивость зданий, снижает их экономическую эффективность и сокращает срок службы. Рост зависимости от искусственного охлаждения ведёт к увеличению эксплуатационных расходов и повышению уязвимости объектов в условиях дефицита энергии [5].

Современная практика демонстрирует, что традиционные способы борьбы с перегревом, преимущественно основанные на механическом кондиционировании, неизбежно повышают затраты и энергопотребление [6]. В то же время архитектурно-планировочные приёмы — ориентация объёма, организация солнцезащиты, формирование буферных зон и использование естественной вентиляции — способны снизить тепловые нагрузки уже на этапе проектирования [7]. В ряде отечественных и зарубежных исследований подчёркивается, что именно такие решения обеспечивают стабильный эффект в общественных зданиях жаркого климата [2]. Нормативные документы Российской Федерации задают требования к тепловой защите и энергосбережению, однако они во многом носят универсальный характер и не всегда учитывают специфику южных климатических зон [6].

Цель данной работы — выявить архитектурные решения, позволяющие адаптировать общественные здания к условиям перегрева в южных регионах России посредством рациональных проектных приёмов. В центре внимания — архитектура как первичный инструмент регуляции микроклимата, а не как дополнение к инженерным системам.

Для достижения цели необходимо рассмотреть климатические особенности южных территорий и их влияние на тепловой режим зданий, проанализировать существующие архитектурные приёмы защиты от перегрева и выделить наиболее эффективные объёмно-планировочные и фасадные решения. Дополнительно требуется обобщить полученные данные и определить направления их применения при проектировании общественных зданий, ориентированных на снижение тепловых нагрузок и повышение энергоэффективности в условиях жаркого климата.

**Основная часть.** Южные регионы России характеризуются сочетанием высокой солнечной активности, длительных периодов жары и плотной городской застройки, что формирует устойчивую проблему перегрева общественных зданий [1]. В таких условиях архитектура испытывает повышенные тепловые нагрузки, усугубляемые большими остеклёнными поверхностями, значительными внутренними тепловыделениями и интенсивной эксплуатацией помещений в течение дня [2]. Перегрев перестаёт быть эпизодическим явлением и превращается в постоянный фактор, влияющий на эксплуатационные характеристики сооружений.

Одной из ключевых задач является снижение энергопотребления на охлаждение [5]. В общественных зданиях, рассчитанных на массовое пребывание людей, системы кондиционирования работают почти непрерывно в тёплый период года, что увеличивает расходы и нагрузку на инженерную инфраструктуру [6]. При этом архитектурные решения часто принимаются без должного учёта ориентации, инсоляции и возможностей естественного теплоотвода, из-за чего инженерные системы вынуждены компенсировать конструктивные и планировочные просчёты [7].

Дополнительным фактором выступает плотная застройка и сокращение озелённых территорий. Уменьшение площади зелёных зон и водных поверхностей усиливает эффект городского теплового острова, повышая средние температуры воздуха в урбанизированной среде [8]. Для общественных многофункциональных пространств, нередко размещаемых в центральных активных зонах, такое воздействие проявляется особенно явно [3]. Повышенные температуры окружающей среды напрямую влияют на микроклимат внутренних помещений и качество пребывания посетителей [4].

Ситуацию осложняет тот факт, что традиционные проектные подходы долго опирались на универсальные климатические решения, малоэффективные в южных регионах, где перегрев доминирует в сравнении с теплопотерями [9]. В результате формируется архитектурная среда, в которой комфорт обеспечивается главным образом техническими средствами, а не пространственной и конструктивной логикой зданий [10].

Перегрев общественных пространств влияет не только на энергобаланс, но и на физическое и психологическое состояние пользователей. Длительное пребывание в помещениях с повышенной температурой снижает концентрацию внимания, ухудшает самочувствие и уменьшает время нахождения посетителей в здании [8]. Для объектов образовательной, выставочной и социальной функций это критично, так как напрямую отражается на качестве общественной жизни.

Таким образом складывается комплексная проблема, включающая рост энергопотребления, снижение комфорта и зависимость архитектуры от инженерных систем [1]. Отсутствие климатоориентированных архитектурных решений при проектировании общественных зданий южных регионов повышает уязвимость объектов перед условиями перегрева и ограничивает их долгосрочную устойчивость [11].

Решение проблемы перегрева общественных зданий в южных регионах обусловлено переходом от компенсирующих инженерных мер к архитектурно обоснованным энергоэффективным приёмам. Такой подход позволяет снижать тепловые нагрузки уже на стадии формирования объёма и планировки, а не после ввода объекта в эксплуатацию.

#### **Ориентация здания и работа с объёмом**

Одним из базовых приёмов является грамотная ориентация здания относительно сторон света. В южных регионах наибольшую тепловую нагрузку создаёт юго-западная и западная инсоляция, особенно во второй половине дня. При проектировании общественных зданий целесообразно снижать протяжённость фасадов, ориентированных в эти направления, либо формировать более глухие объёмы с минимальным остеклением [1].

Архитектурные решения, такие как членение фасадов, создание ниш, лоджий и козырьков, также способствуют снижению солнечного воздействия. Эти элементы создают естественные тени, защищая от прямых солнечных лучей. Такой подход особенно важен для общественных пространств, таких как входные группы и фойе, где перегрев может быть наиболее ощутимым.

#### **Солнцезащитные элементы и фасадные решения**

Архитектурные элементы, предназначенные для защиты от солнца, такие как горизонтальные и вертикальные ламели, экраны, навесы и перголы (рис. 1), являются действенным методом приспособления зданий к условиям перегрева. В отличие от внутренних систем затенения, эти внешние конструкции функционируют проактивно, минимизируя теплопоступление через остекление и ограждающие элементы [7]. В климатических зонах с жарким летом применение таких решений способствует снижению температуры внутри помещений на несколько градусов, обходясь без привлечения активных инженерных систем [12].



Рис. 1. Шоу-рум Kiefer Technic [13]

#### **Планировочная структура и буферные пространства**

Важную роль играет внутренняя планировка здания. Размещение помещений с разным режимом эксплуатации позволяет формировать тепловые буферы. Например, вспомогательные и транзитные зоны, галереи, холлы и лестничные пространства могут располагаться со стороны наиболее интенсивной инсоляции, защищая основные функциональные залы от перегрева.

Буферные пространства, такие как атриумы, крытые двory и полузакрытые переходы, способствуют естественной вентиляции и отводу тёплого воздуха (рис.2). В общественных зданиях подобные элементы также повышают пространственную выразительность и улучшают навигацию внутри комплекса [3].

Внутренняя планировка здания играет ключевую роль в снижении тепловой нагрузки. Компактное размещение помещений с различным режимом эксплуатации позволяет формировать тепловые буферы, которые смягчают воздействие интенсивной инсоляции и уменьшают риск перегрева основных залов. В качестве таких буферов целесообразно выделять вспомогательные и транзитные зоны, галереи, холлы, лестничные пространства.

Эти промежуточные пространства рекомендуется размещать со стороны наибольшей солнечной нагруженности — они выполняют функцию фильтра между внешней средой и основными функциональными помещениями. Буферные элементы, такие как атриумы, крытые дворы и полузакрытые переходы, способствуют естественной вентиляции и удалению тёплого воздуха, что дополнительно снижает потребность в механическом охлаждении (рис. 2). В общественных зданиях подобные решения также повышают пространственную выразительность комплекса и упрощают ориентирование посетителей [1].

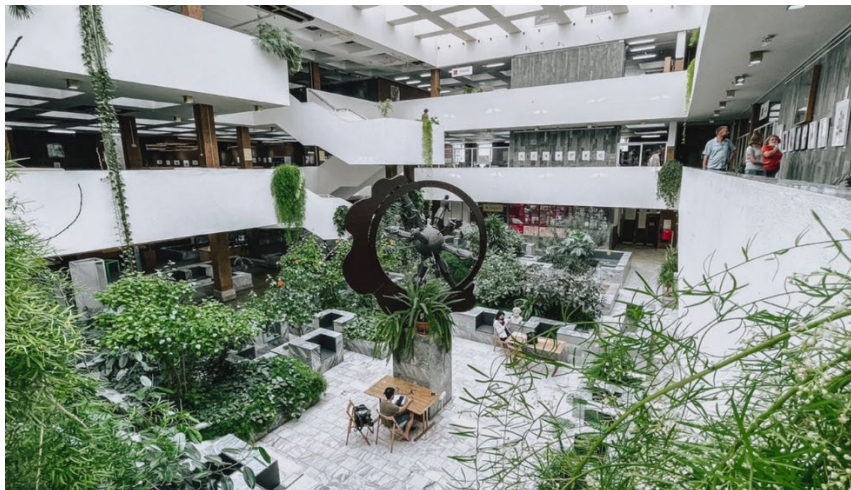


Рис. 2. Донская публичная библиотека [14]

#### **Использование естественной вентиляции**

Естественная вентиляция — эффективный и энергосберегающий способ борьбы с перегревом. Сквозняки, вытяжные фонари, открывающиеся фрамуги и верхнее остекление способствуют циркуляции воздуха за счёт естественных перепадов температуры и давления, что устраняет необходимость в энергоёмких системах [8]. В южных районах наиболее результативны схемы, при которых приток воздуха осуществляется со стороны затённых или озеленённых участков, а удаление — через верхние этажи здания. В общественных помещениях, где требуется поддерживать комфорт при большом скоплении людей, подобные решения позволяют снизить зависимость от кондиционирования и повысить качество микроклимата внутри помещений.

#### **Озеленение и работа с окружающей средой**

Архитектурные границы неразрывно связаны с благоустройством территории. Озеленение прилегающих территорий, организация водных элементов и устройство зелёных кровель уменьшает тепловую нагрузку на окружающее пространство и снижает эффект теплового острова [4]. Для коллективных зданий озеленённые участки выполняют двойную функцию. Они создают комфортную среду для посетителей и одновременно служат климатическим буфером, защищая фасады и входные группы. Молодые кровли и эксплуатируемые террасы дополнительно предохраняют перекрытия от перегрева и повышают термическую стабильность здания [2].



Рис. 3. Библиотека Джоан Марагалл [15]

### Материалы и тепловая инерция

Выбор конструктивных и отделочных материалов значительно влияет на формирование теплового режима здания. Применение изделий с высокой тепловой инерцией обеспечивает аккумулирование тепла и снижает амплитуду суточных температурных колебаний, что в южных регионах способствует уменьшению дневных пиков температуры внутри помещений и стабилизации микроклимата [6].

Использование светлых фасадных покрытий с повышенной отражающей способностью уменьшает нагрев ограждающих конструкций под действием солнечной радиации. В сочетании с рационально организованной естественной вентиляцией и средствами солнцезащиты этот подход обеспечивает устойчивый тепловой эффект без необходимости усложнения инженерных систем [12].

В совокупности перечисленные архитектурные решения формируют климатоориентированную модель проектирования общественных зданий. Такой подход позволяет снизить энергозатраты на охлаждение и одновременно повысить качество общественных пространств, создавая более комфортные условия пребывания людей в жарком климате южных территорий России.

**Заключение.** В статье подчёркивается, что проблема перегрева общественных зданий в южных регионах России не сводится лишь к инженерным аспектам и во многом определяется архитектурными решениями. Адаптация проектируемых объектов к условиям повышенных температур рассматривается как важный фактор формирования комфортной и устойчивой городской среды. Отмечено, что перегрев отражается не только на росте энергопотребления, но и на качестве пребывания посетителей, режиме эксплуатации зданий и их экономической эффективности.

Анализ архитектурных приёмов показывает, что снижение тепловых нагрузок достигается за счёт рациональной ориентации зданий, применения солнцезащитных элементов, продуманной планировочной организации и использования естественной вентиляции. Внедрение подобных решений позволяет сократить зависимость от систем кондиционирования и повысить тепловую устойчивость общественных пространств в тёплый период. Особое внимание уделено озеленению и работе с прилегающими территориями, которые способствуют снижению эффекта городского перегрева и формированию более благоприятного микроклимата.

Практическая значимость рассмотренных подходов состоит в возможности их реализации на ранних этапах проектирования общественных зданий. Архитектурные меры адаптации не предполагают применения сложных технологий и могут быть органично включены в концепцию здания без ущерба для функциональных и композиционных характеристик. Такой подход способствует сокращению эксплуатационных расходов и повышению уровня комфорта пользователей общественных пространств.

В целом приведённые решения подтверждают необходимость перехода к климатоориентированному проектированию общественных зданий в южных регионах. Учёт факторов перегрева и применение энергоэффективных архитектурных приёмов обеспечивают создание устойчивых объектов, соответствующих современным требованиям комфорта и энергосбережения.

### Список литературы

1. Житцова Е. *Энергоэффективные здания в регионах России: климатические особенности*. URL: <https://ecourbanist.ru/city-climate/energoeffektivnye-zdaniya-v-regionah-rossii-klimaticheskie-osobennosti> (дата обращения: 10.01.2026).
2. Барбаров И.И., Антюфеев А.В. Энергоэффективные кварталы: новые градостроительные подходы. *Градостроительство и Архитектура*. 2025;15(4):149–157. <http://doi.org/10.17673/Vestnik.2025.04.20>
3. Особенности проектирования энергоэффективных общественных и административных зданий. URL: <https://bestpublication.org/index.php/pedg/article/view/2184> (дата обращения: 10.01.2026).
4. Иванова Ж.В., Богданова Г.А. Создание комфортных условий эксплуатации выставочных комплексов в жарком климате. *Известия петербургского университета путей сообщения*. 2023;20(2). URL: <https://www.ebsvkr.ru/ru/nauka/article/65768/view> (дата обращения: 10.01.2026).
5. Жигулина А.Ю., Юрченко Ю.И. Энергоэффективные здания: ключевые принципы и практика проектирования и строительства. *Градостроительство и архитектура*. 2024;14(4):118–124. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2024.04.17>
6. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ (в ред. от 31.07.2025). URL: <https://base.garant.ru/12171109> (дата обращения: 10.01.2026).
7. Ал Обайди Ибрахим Каван Таха Приемы энергосбережения в архитектуре общественных зданий Ирака. *Градостроительство и архитектура*. 2017;7(2):101–106. <https://doi.org/10.17673/Vestnik.2017.02.16>
8. Свирина М.В., Семенов А.С. Оценка теплового комфорта детей в жилых и общественных зданиях. *Энергетические системы*. 2023;8(4):96–105. <https://doi.org/10.34031/ES.2023.4.007>

9. «Энергоэффективность»: общие термины, примеры технологий и их влияние на построение энергоэффективных зданий. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергоэффективность> (дата обращения: 10.01.2026).
10. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. Сайт cld.bz. URL: <https://cld.bz/aADHr6w> (дата обращения: 10.01.2026).
11. Шпакова В.А. Качество климата в энергоэффективных зданиях. *Современные научные исследования и инновации*. 2018;(1). URL: <https://web.snauka.ru/issues/2018/01/85659> (10.01.2026).
12. Энергоэффективные общественные здания. URL: <https://ppt-online.org/39308> (дата обращения: 10.01.2026).
13. 8 зданий с изменяемыми фасадами. URL: <https://realty.rbc.ru/news/577d24e79a7947a78ce91ef3> (дата обращения: 10.01.2026).
14. Где это невероятное место: библиотека-цитадель в Ростове-на-Дону. URL: <https://perito.media/posts/gde-eto-neveroyatnoe-mesto-biblioteka-tsitadel-v-rostove-na-donu> (дата обращения: 10.01.2026).
15. Joan Maragall Library / BCQ Arquitectura. URL: [https://www.archdaily.com/526998/joan-maragall-library-bcq-arquitectura?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/526998/joan-maragall-library-bcq-arquitectura?ad_medium=gallery) (дата обращения: 10.01.2026).

**Об авторах:**

**Вероника Юрьевна Аржановская**, магистрант кафедры «Архитектура» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [Verona.Arya5642@yandex.ru](mailto:Verona.Arya5642@yandex.ru)

**Елена Валерьевна Пименова**, кандидат архитектуры, заведующая кафедрой «Архитектура» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [epimen@yandex.ru](mailto:epimen@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

**About the Authors:**

**Veronika Yu. Arzhanovskaya**, Master's Degree Student of the Department of Architecture, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [Verona.Arya5642@yandex.ru](mailto:Verona.Arya5642@yandex.ru)

**Elena V. Pimenova**, Cand.Sci. (Architecture), Professor Head of the Department of Architecture, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [epimen@yandex.ru](mailto:epimen@yandex.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.94

### Цифровая трансформация в российском строительстве

А.П. Пирожникова, Г.Э. Муро, Т.Л. Пирожникова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В статье рассматривается трансформация парадигмы проектирования в российской строительной отрасли — переход от двухмерного САД-формата к технологии информационного моделирования зданий (ВІМ). Цель исследования — выявить и систематизировать преимущества использования ВІМ на всех стадиях жизненного цикла объектов капитального строительства. Методологическую основу работы составляют анализ действующих нормативных документов РФ и оценка функциональных возможностей отечественных программных комплексов, включая систему Renga. В статье представлены результаты сравнительного анализа САД и ВІМ, а также рассмотрены механизмы коллективного взаимодействия проектировщиков в единой цифровой среде. Практическая значимость исследования состоит в обосновании эффективности применения российского программного обеспечения для повышения прозрачности, качества и экономической результативности строительных проектов.

**Ключевые слова:** информационное моделирование, ВІМ-технологии, САД-проектирование, цифровая трансформация строительства, жизненный цикл объекта

**Для цитирования.** Пирожникова А.П., Муро Г.Э., Пирожникова Т.Л. Цифровая трансформация в российском строительстве. *Молодой исследователь Дона.* 2026;11(3):30–35.

### Digital Transformation in the Construction Industry of Russia

Anastasia P. Pirozhnikova, Genrikh E. Muro, Tatiana L. Pirozhnikova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article studies the transformation of conceptual approach to design in the Russian construction industry — transition from two-dimensional CAD to Building Information Modeling (BIM). The study aims to identify and systematize the advantages of using BIM at all stages of capital construction facilities' lifecycle. The methodological basis of the research includes the analysis of acting regulatory documents of the Russian Federation and assessment of the functional capacities of the national software packages, including Renga software. The article presents the results of comparative analysis of CAD and BIM, and investigates the mechanisms for collaborative work of designers in a unified digital environment. The practical significance of the study is included in substantiating the efficiency of using Russian software to improve the transparency, quality, and economic efficiency of construction projects.

**Keywords:** information modeling, BIM technologies, CAD, digital transformation of construction, lifecycle of a facility

**For Citation.** Pirozhnikova AP, Muro GE, Pirozhnikova TL. Digital Transformation in the Construction Industry of Russia. *Young Researcher of Don.* 2026;11(3):30–35.

**Введение.** Строительная отрасль Российской Федерации на протяжении последних лет находится в фазе интенсивной цифровой трансформации. Ключевые векторы данной деятельности определены в распоряжении Правительства РФ от 27.12.2021 № 3883-р, установившем стратегические ориентиры развития до 2030 года. В соответствии с данным документом предусмотрено формирование экосистемы «Цифровое строительство», интегрированной в федеральные проекты по автоматизации государственного управления и национальную программу «Цифровая экономика». Фактическая реализация инициатив была инициирована Указом Президента РФ от 07.10.2017 № 1235, направленным на модернизацию строительной сферы и совершенствование прочностных и эксплуатационных характеристик возводимых объектов.

С 2021 года начался поэтапный переход к управлению жизненным циклом объектов капитального строительства (ОКС) на основе технологий информационного моделирования (BIM). К настоящему времени (2026 год) можно констатировать, что основные стадии внедрения BIM в проектно-исследовательскую деятельность в целом завершены: сформирована комплексная нормативно-правовая база, утверждены требования к обязательности создания цифровых моделей при реализации госзаказов, а также структурирован рынок отечественных программных продуктов, способных обеспечить непрерывный цикл проектирования и последующей эксплуатации.

BIM сегодня позиционируется как фундаментальный катализатор цифровизации индустрии. На рис. 1 схематично представлен типовой жизненный цикл инвестиционно-строительного проекта, охватывающий периоды от формирования концепции до вывода из эксплуатации [1].



Рис. 1. Цикл BIM проекта

Цель настоящей статьи — выполнить аналитический обзор практических преимуществ применения инфомоделирования на различных этапах строительного производства и аргументировать необходимость его дальнейшей детерминации.

**Основная часть.** Технология BIM обеспечивает консолидацию архитектурных, конструкторских, инженерных и технико-экономических данных в единой цифровой среде. Данный подход позволяет на прединвестиционных стадиях идентифицировать и нивелировать пространственно-логические коллизии, что непосредственно способствует повышению рентабельности и минимизации временных затрат. Наглядный пример информационной модели иллюстрирует рис. 2.

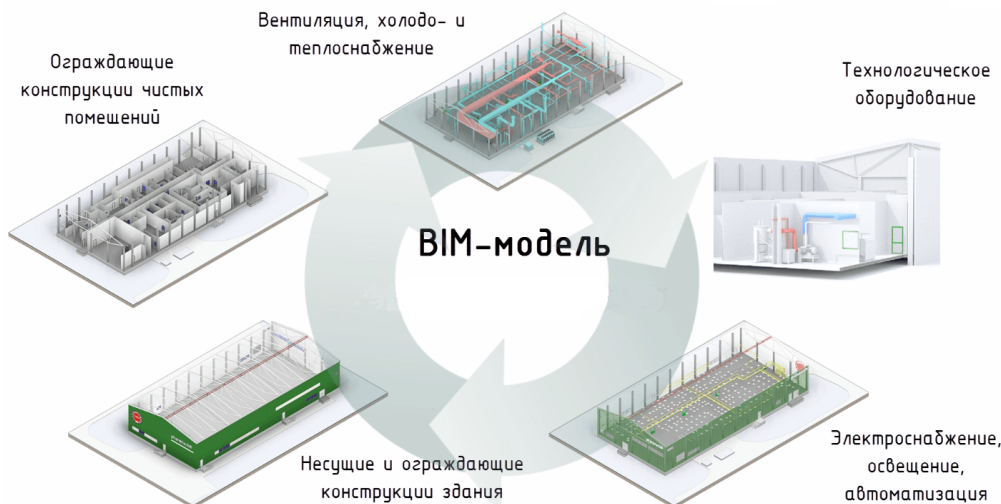


Рис. 2. BIM-модель

В условиях окончательного ухода зарубежных вендоров с внутреннего рынка критическую значимость приобрело освоение суверенного программного обеспечения. За минувшее пятилетие произошла практически полная переориентация профильных организаций на российские разработки. В их числе — решения компании Renga Software (совместное предприятие «Аскон» и «1С»), а также предложения иных разработчиков, успешно заменивших иностранные аналоги. Парадигма BIM окончательно вытеснила традиционный CAD-формат, поскольку она интегрирует не только геометрические параметры, но и комплексное управление метаданными. Фундаментальные различия указанных подходов систематизированы на рис. 3.



Рис. 3. Отличие CAD проекта и BIM модели

BIM представляет собой не просто объемный объект, а высокотехнологичную среду для синхронизированного взаимодействия всех участников процесса: заказчика, проектировщиков, консультантов и подрядных организаций. Технология гарантирует сквозную передачу сведений в течение всего срока службы здания.

Среди отечественных разработок доминирующее положение занимает софт от Renga Software. Данные продукты являются комплексными инструментами для информационного моделирования [2]. В частности, система Renga позволяет регламентировать коллективную работу над цифровыми образами объектов и автоматизировать выпуск проектно-сметной документации по разделам, представленным на рис. 4.



Рис. 4. Разделы проектно-строительной документации

За счет бесшовной интеграции Renga с сопутствующими CAD-системами и BIM-инструментами достигается максимальная эффективность внедрения технологий в производственные процессы компаний [3]. Алгоритмы взаимодействия с различными программными комплексами показаны на рис. 5, а специфика работы в модулях Renga Architecture, Renga Structure и Renga MEP отражена на рис. 6–8. На рис. 9 продемонстрирована сводная модель Центра художественной гимнастики в Лужниках, объединяющая архитектурные, инженерные и дизайнерские решения. Базовые принципы организации BIM-процессов резюмированы на рис. 10.

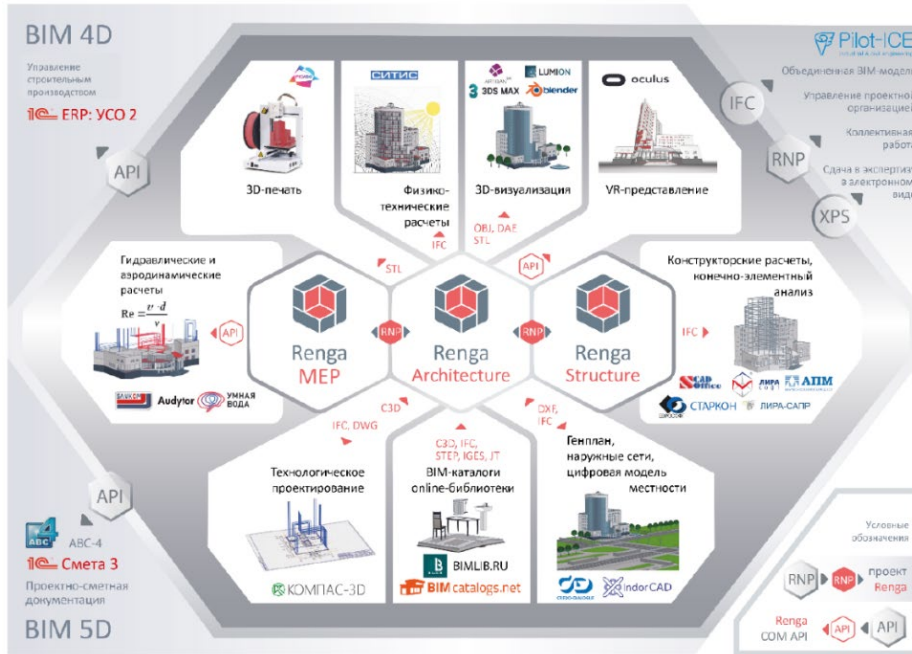


Рис. 5. Взаимодействие BIM-системы Renga с другими САПР-системами и BIM-инструментами

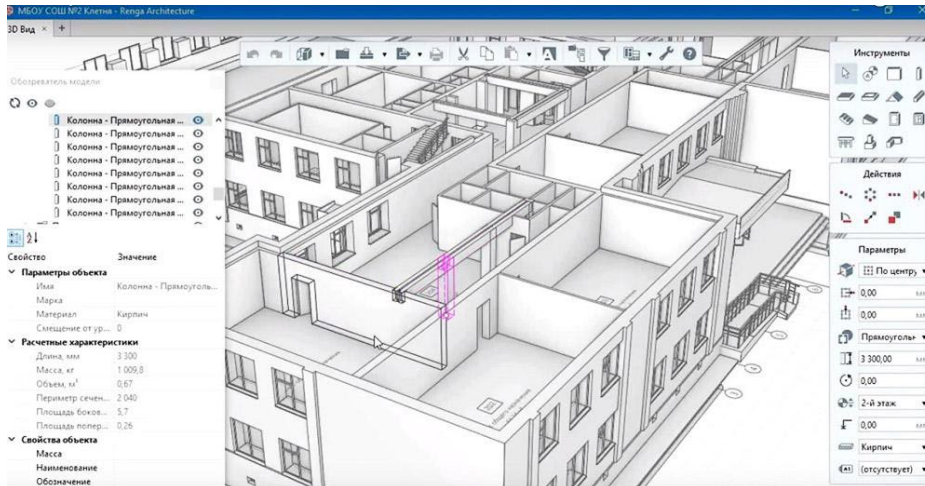


Рис. 6. Объектное проектирование в Renga Architecture

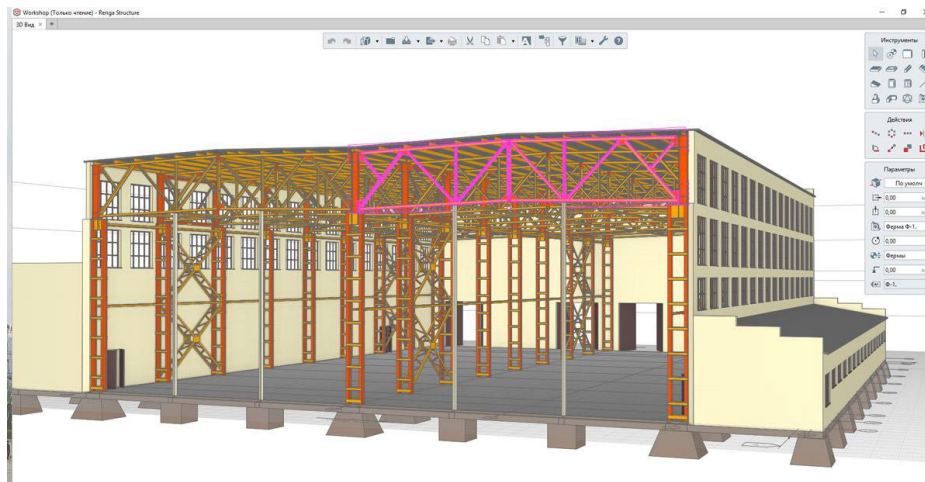


Рис. 7. Проектирование в BIM-системе Renga Structure

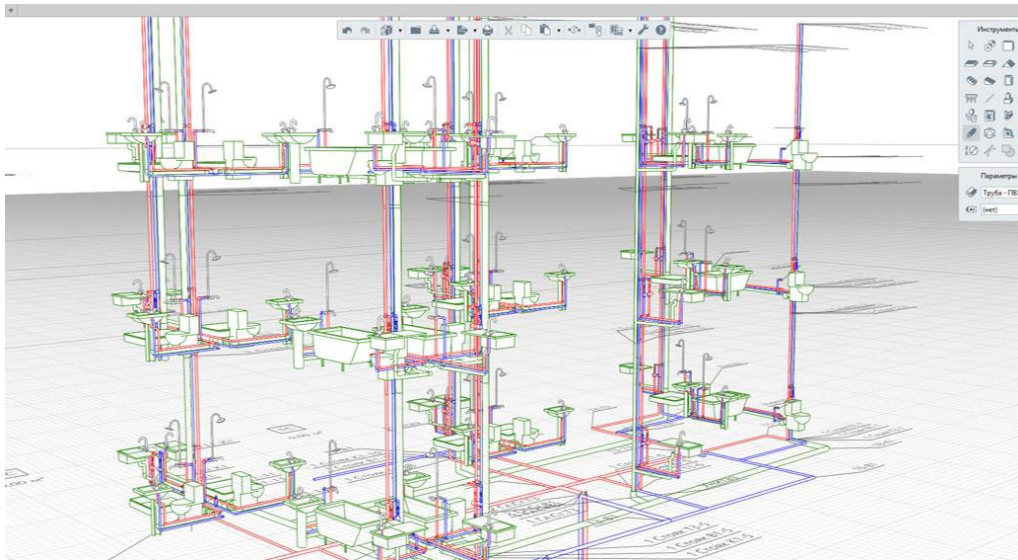


Рис. 8. Проектирование в BIM-системе Renga MEP

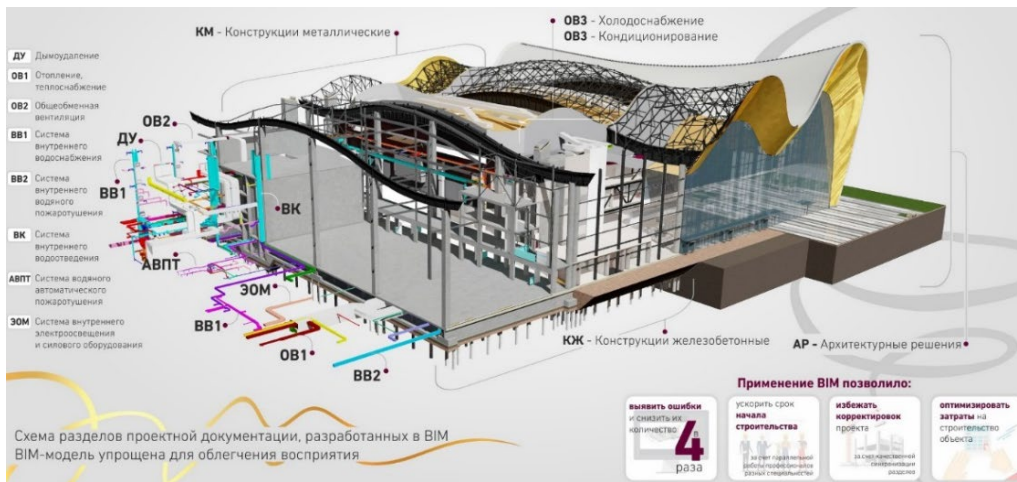


Рис. 9. BIM-модель (Центр художественной гимнастики в Лужниках), демонстрирующая данные по архитектуре, дизайну, инженерным и другим разделам в комплексе



Рис. 10. Принципы BIM

На этапе разработки проектных решений информационная модель выступает инструментом координации деятельности специалистов смежных профилей. Это дает возможность оперативно актуализировать данные и формировать консистентные чертежи. При переходе к этапу возведения использование электронной документации в общем пространстве данных с применением мобильных устройств позволяет полностью исключить бумажный документооборот [4]. На стадии эксплуатации модель функционирует как информационный базис для планирования капитальных ремонтов: оперируя сведениями о фактической трассировке инженерных сетей, можно с высокой точностью рассчитывать график замены оборудования и прогнозировать операционные расходы.

**Заключение.** Каждый элемент в информационной модели обладает набором атрибутов, доступных для параметризации. Любая корректировка одного объекта автоматически синхронизируется во всех связанных разделах [5]. Помимо геометрии, модель аккумулирует данные о физико-механических свойствах материалов (плотность, коэффициент теплопроводности). При валидном построении модели заказчик извлекает полный объем рабочей документации в автоматизированном режиме.

Несмотря на целевую направленность BIM на обеспечение эффективного партнерства субъектов в едином цифровом поле, часть отечественных предприятий пока ограничивается применением данных технологий преимущественно на стадии изысканий, не задействуя в полной мере потенциал на этапах строительства и технического обслуживания. Преодоление этого разрыва требует не только методического совершенствования ПО, но и системной трансформации управленческих моделей наряду с повышением квалификации персонала.

#### Список литературы

1. Цветкова А.А. Кузьмичева Д.В. Качество цифровых строительных систем. *Качество в производственных и социально-экономических системах*. 2022;413–416.
2. Половникова Н.А. Цифровизация в строительстве в России. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2022;(12-2):102–105. <https://doi.org/10.24412/2411-0450-2022-12-2-102-105>
3. Смирнов Н.В. и др. Особенности внедрения bim-технологий в строительные компании. *Вестник магистратуры*. Учредители: Общество с ограниченной ответственностью Коллоквиум. 2022. С. 34–37. URL: [https://www.magisterjournal.ru/docs/VM133\\_1.pdf#page=35](https://www.magisterjournal.ru/docs/VM133_1.pdf#page=35) (дата обращения 04.02.2026).
4. Горшков А.М. Внедрение BIM технологий в строительство. *AlfaBuild*. 2019;(4(11)):70–81. URL: [https://alfabuild.spbstu.ru/userfiles/files/AlfaBuild/AlfaBuild\\_2019\\_11/11\\_5.pdf](https://alfabuild.spbstu.ru/userfiles/files/AlfaBuild/AlfaBuild_2019_11/11_5.pdf) (дата обращения 03.02.2026).
5. Шемякина Т.Ю. Информационное моделирование строительных объектов: особенности применения и развития. *Вестник университета*. 2020;(7):89–95. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2020-7-89-95>

#### Об авторах:

**Анастасия Петровна Пирожникова**, старший преподаватель кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [anastasiapir@mail.ru](mailto:anastasiapir@mail.ru)

**Генрих Эдуардович Муро**, старший преподаватель кафедры «Металлические, деревянные и пластмассовые конструкции» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [muro-@mail.ru](mailto:muro-@mail.ru)

**Татьяна Леонидовна Пирожникова**, ассистент кафедры «Металлические, деревянные и пластмассовые конструкции» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [kaf\\_mdipk@mail.ru](mailto:kaf_mdipk@mail.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

#### About the Authors:

**Anastasia P. Pirozhnikova**, Senior Lecturer of the Department of Environmental Engineering, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [anastasiapir@mail.ru](mailto:anastasiapir@mail.ru)

**Genrikh E. Muro**, Senior Lecturer of the Department of Metal, Wooden and Plastic Structures, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [muro-@mail.ru](mailto:muro-@mail.ru)

**Tatiana L. Pirozhnikova**, Assistant of the Department of Metal, Wooden and Plastic Structures, Don State Technical University, (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [kaf\\_mdipk@mail.ru](mailto:kaf_mdipk@mail.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 624.012.45

### Исследование влияния начальных дефектов на эксплуатационные качества безбалочного перекрытия

Н.А. Пискун, В.Н. Аксёнов

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Целью данной статьи является исследование влияния начальных дефектов на эксплуатационные качества безбалочного перекрытия. Долговечность и эксплуатационная надёжность железобетонных конструкций, в частности монолитных безбалочных перекрытий, определяются корректностью проектных решений, свойствами и качеством применяемых материалов, а также уровнем выполнения строительно-монтажных работ. В статье рассмотрены весьма распространённые нарушения СМР — несоответствие класса бетона, предусмотренного проектом, и увеличение толщины защитного слоя бетона. Проанализированы 3 серии опытных образцов с различными классами бетона (В25, В20, В15), в которых варьировалась величина защитного слоя (3, 4, 5, 6, 7 см). В результате эксперимента установлено существенное снижение эксплуатационных показателей: сверхнормативное увеличение прогибов, ширины раскрытия трещин и их количества. Полученные результаты свидетельствуют о первостепенной значимости соблюдения нормативных требований и технологической дисциплины при выполнении строительно-монтажных работ (СМР).

**Ключевые слова:** железобетон, монолитный каркас, безбалочная плита, защитный слой бетона, нарушения проекта, физическая нелинейность, прогиб, ширина раскрытия трещин, ПК «Лира-САПР»

**Для цитирования.** Пискун Н.А., Аксёнов В.Н. Исследование влияния начальных дефектов на эксплуатационные качества безбалочного перекрытия. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):36–47.

### Study on the Influence of Primary Defects on the Performance Properties of Girderless Floors

Nikita A. Piskun, Vladimir N. Aksenov

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article aims to study the influence of primary defects on the performance properties of girderless floors. The durability and operational reliability of reinforced concrete structures, in particular cast-in-place girderless floor slabs, depend on the correctness of design solutions, the properties and quality of the materials used, and the standard of construction and erection works. The article investigates the quite common violations in construction and erection works, such as non-compliance of the concrete grade with that stipulated in the design documentation and increased thickness of concrete protective layer. Three series of test specimens of different concrete grades (B25, B20, B15), in which the thickness of the concrete layer varied (3, 4, 5, 6, 7 cm), have been analysed. The experiment revealed a significant deterioration of performance indicators: excessive increase of the number of deflections, of the number of cracks and their width. The obtained results demonstrate the utmost importance of compliance with the regulatory requirements and strict adherence to the technological procedure during construction and erection works (C&E).

**Keywords:** reinforced concrete, cast-in-place frame, girderless floor slab, concrete protective layer, design violations, physical nonlinearity, deflection, crack width, Lira-SAPR software

**For Citation.** Piskun NA, Aksenov VN. Study on the Influence of Primary Defects on the Performance Properties of Girderless Floors. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):36–47.

**Введение.** Монолитное строительство стало одной из наиболее распространённых технологий возведения зданий и в развитых странах достигает 50–75 % от общего объёма строительства. Исследование причин возникновения трещин и деформаций в монолитных конструкциях является неотъемлемой частью инженерной деятельности. В монолитных конструкциях повсеместно выявляются дефекты, возникающие вследствие некачественного выполнения строительно-монтажных работ; анализ причин их появления представляет собой крайне важный этап при принятии решений о дальнейшей эксплуатации таких конструкций [1–3].

Для оценки влияния изменения толщины защитного слоя бетона и класса бетона на эксплуатационные качества монолитной плиты перекрытия (прогиб, ширину раскрытия трещин, прочность) был выполнен вычислительный эксперимент.

В качестве модели для вычислительного эксперимента был принят фрагмент каркаса многоэтажного жилого здания из монолитного железобетона (типовой этаж). Расчёт выполнялся в среде ПК ЛИРА-САПР 2024. В соответствии с требованиями СП 63.13330.2018 расчёт должен выполняться с учётом физической нелинейности. Для этого параметры жёсткости элементов были скорректированы с учётом нелинейной работы бетона.

Вычислительный эксперимент был реализован в соответствии с приведённым ниже планом (рис. 1). Варьируемыми параметрами эксперимента являлись класс бетона и величина защитного слоя верхней арматуры. В ходе вычислительного эксперимента были выполнены 3 серии опытных образцов с различными классами бетона (B25, B20, B15), в которых изменялась величина защитного слоя (3, 4, 5, 6, 7 см). Результаты вычислительного эксперимента были проанализированы; для наглядного представления зависимости прочности, прогибов и ширины раскрытия трещин от величины защитного слоя были построены графики.

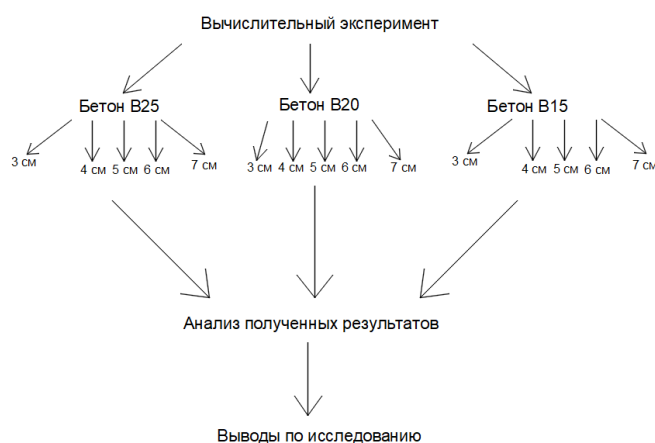


Рис. 1. План вычислительного эксперимента

**Основная часть.** Для оценки прогибов и ширины раскрытия трещин безбалочного перекрытия с учетом пластических свойств бетона и фактического армирования был выполнен расчет перекрытия типового этажа. Расчетная схема была сформирована на основе основной схемы здания путем исключения всех элементов каркаса, кроме плиты типового этажа на отм. +6.440, а также примыкающих к ней сверху и снизу вертикальных несущих конструкций (рис. 2). При этом высота стен и колонн, расположенных над и под плитой, принималась равной половине высоты этажа. Нижние и верхние узлы стен и колонн имели следующие закрепления: нижние узлы — X, Y, Z, верхние узлы — X, Y.

В расчете принималась: толщина перекрытия — 200 мм, сечение колонн — 500×500 мм, толщина диафрагм жесткости — 200 мм.

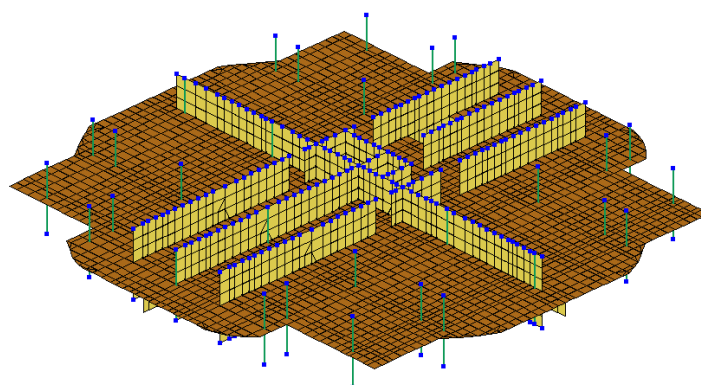


Рис. 2. Вид опытного образца

Для конечных элементов плиты были заменены типы конечных элементов на физически нелинейные КЭ241, КЭ242. Армирование плиты во всех образцах в части количества стержней, их шага и диаметра принято одинаковым. Арматура класса А500, фоновое армирование Ø 12 мм с шагом 200х200 мм, дополнительные зоны усиления: Ø 12; Ø 16 и Ø 20 мм с шагом 200 мм. Отличие составляет толщина защитного слоя бетона и, соответственно, рабочая высота сечения. Параметры армирования элементам плиты опытных образцов задавалось при помощи функции «Тип заданного армирования», далее ТЗА (Рис. 3). Мозаики назначенного с помощью ТЗА армирования показаны на рис. 4–7. Внутри каждой из трёх серий толщина защитного слоя варьировалась на пяти уровнях и составляла: 3; 4; 5; 6 и 7 см.

ID				Тип	Комментарий	X Top	As	a	Y Top	As	a	X Bottom	As	a	Y Bottom	As	a
1	<input type="checkbox"/>			AS		s200d12	5.20										
2	<input type="checkbox"/>			AS		s200d12	5.20										
3	<input type="checkbox"/>			AS		s200d16	5.20										
4	<input type="checkbox"/>			AS		s200d20	5.20										
5	<input type="checkbox"/>			AS					s200d12		4.00						
6	<input type="checkbox"/>			AS					s200d12		4.00						
7	<input type="checkbox"/>			AS					s200d16		4.00						
8	<input type="checkbox"/>			AS								s200d12		3.00			
9	<input type="checkbox"/>			AS								s200d12		3.00			
14	<input type="checkbox"/>			AS											s200d12		4.20

Рис. 3. Таблица заданного армирования (ТЗА) одного из опытных образцов

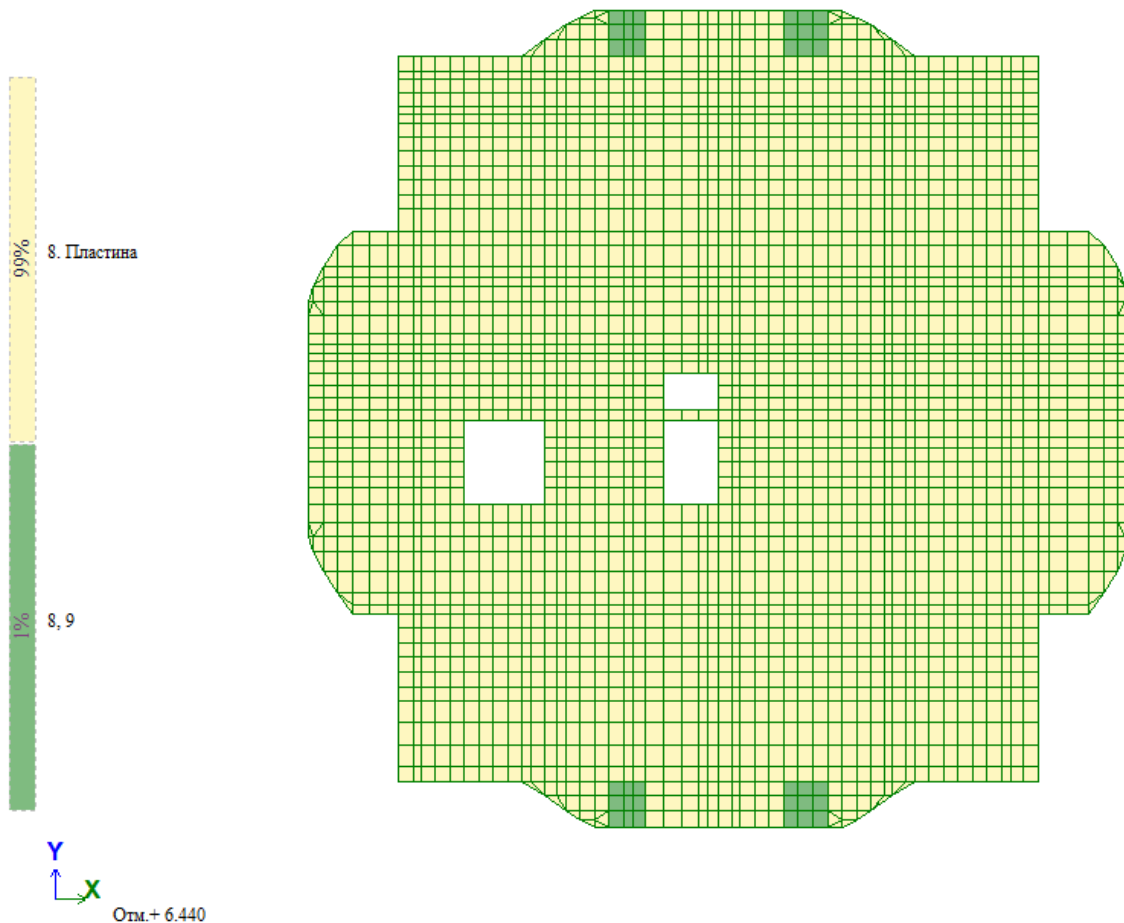


Рис. 4. Мозаика ТЗА (нижняя арматура вдоль оси X)

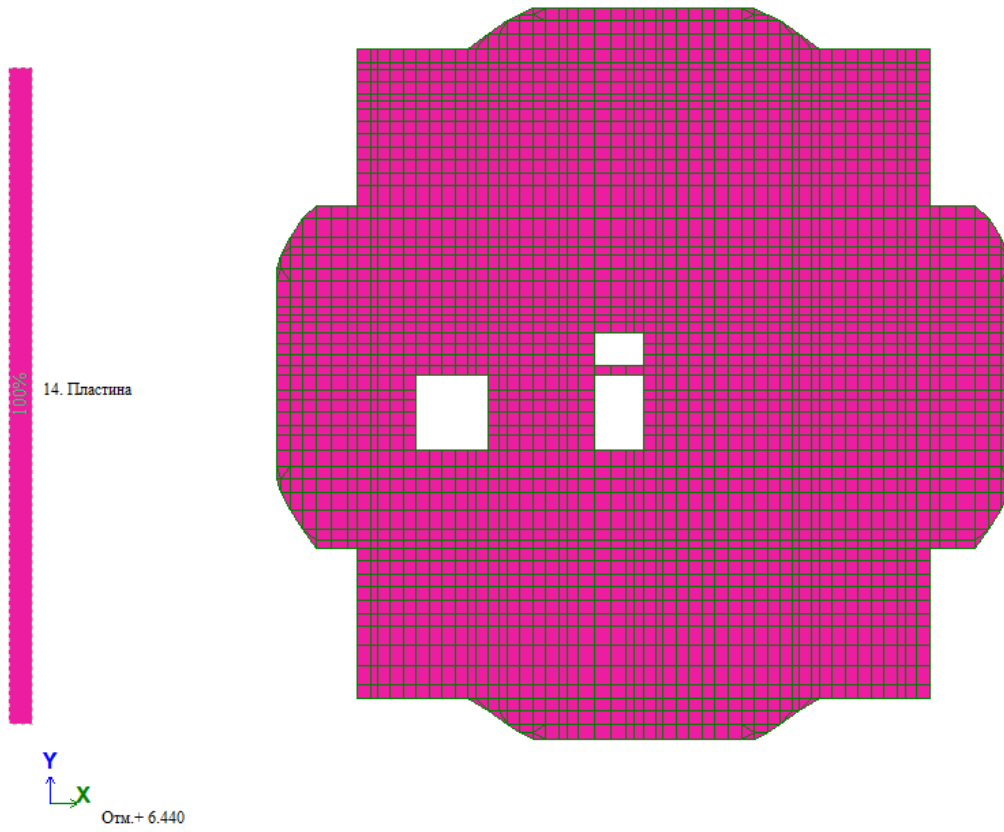


Рис. 5. Мозаика ТЗА (нижняя арматура вдоль оси Y)

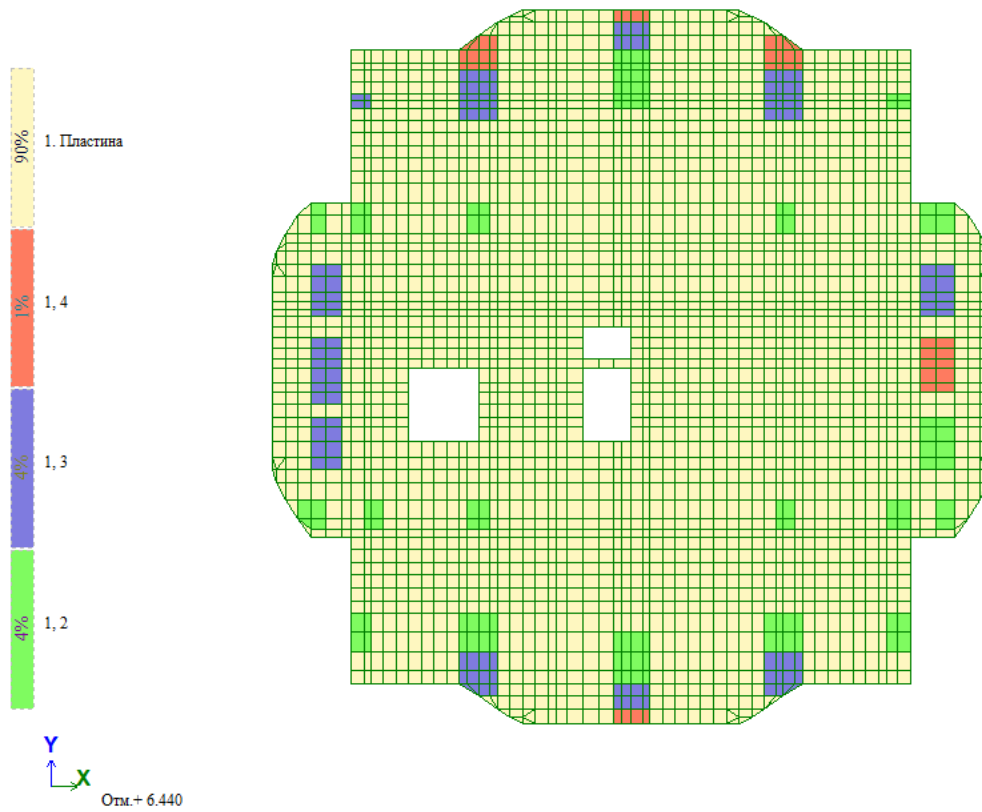


Рис. 6. Мозаика ТЗА (верхняя арматура вдоль оси X)

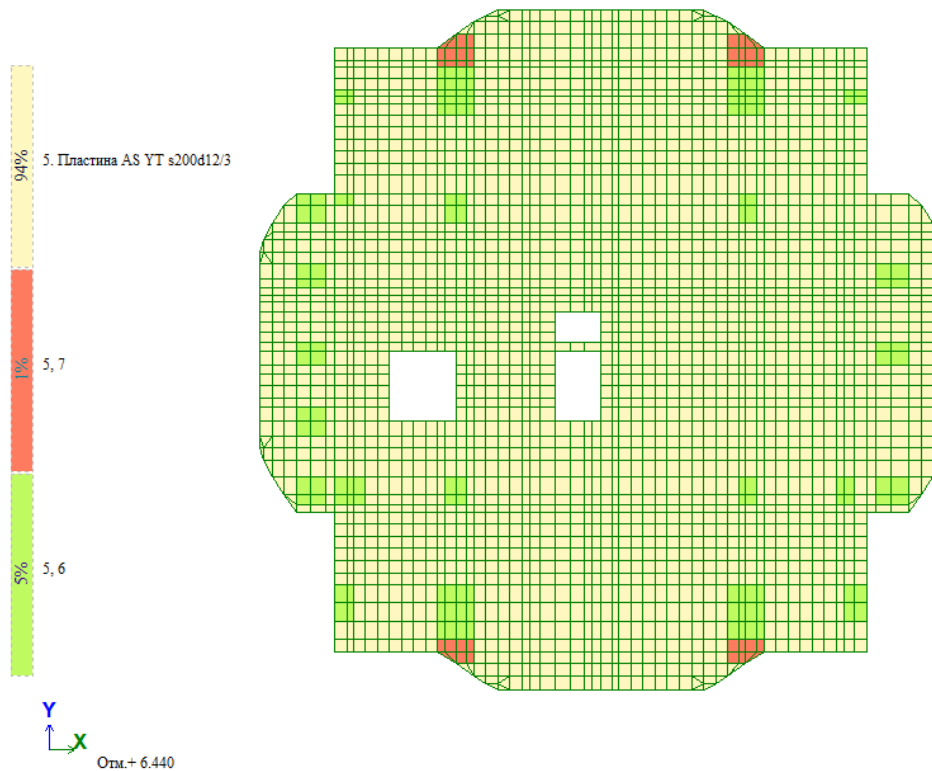


Рис. 7. Мозаика ТЗА (верхняя арматура вдоль оси Y)

На плиту перекрытия действуют следующие нагрузки:

- собственный вес —  $6,05 \text{ кН/м}^2$ ;
- постоянная — нагрузки от веса полов в жилых помещениях —  $1,3 \text{ кН/м}^2$ , вне жилых помещений  $1,95 \text{ кН/м}^2$ , нагрузка от наружных стен —  $14,8 \text{ кН/м}$ , нагрузка от витражей —  $0,49 \text{ кН/м}$ ;
- длительная — нагрузки от веса перегородок —  $1,43 \text{ кН/м}^2$ ;
- полезная нагрузка — в жилых помещениях —  $1,95 \text{ кН/м}^2$ , вне жилых помещений  $3,6 \text{ кН/м}^2$ , в зоне расположения лоджий —  $4,8 \text{ кН/м}^2$ .

Список загрузений			
#	Имя загрузки	Подзадача	Вид
1	Собственный вес	1. Основная зада...	Постоянное(П)
2	Постоянная	1. Основная зада...	Постоянное(П)
3	Длительное	1. Основная зада...	Длительное(Д)
4	Полезная	1. Основная зада...	Кратковременное(К)

Рис. 8. Список загрузений

Диаграмма деформирования бетона была задана трехлинейной (рис. 8) для продолжительно действующих нагрузок. Диаграмма арматуры — двухлинейная для класса А500 (рис. 9).

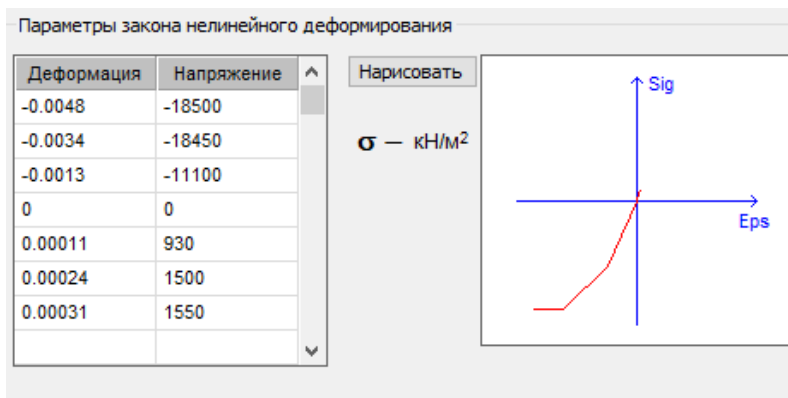


Рис. 8. Закон нелинейного деформирования для бетона В25

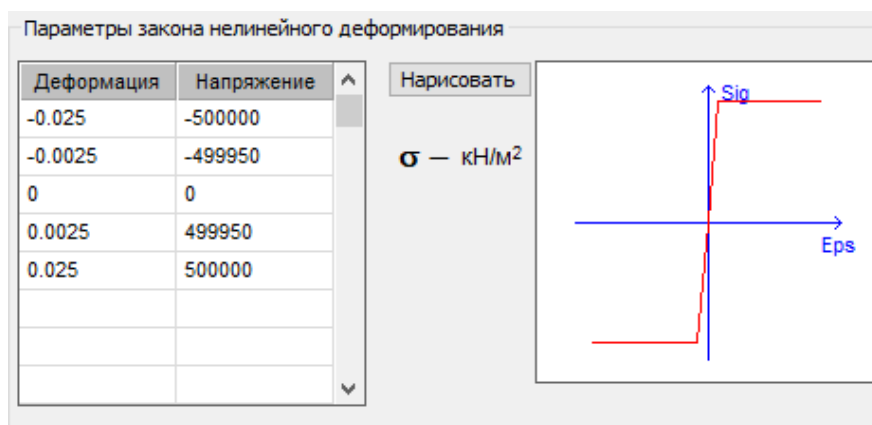


Рис. 9. Закон нелинейного деформирования для арматуры А500

Далее были созданы нелинейные загрузки (рис. 10), моделирующее нагружение плиты нормативной нагрузкой. Расчет прогибов и ширины раскрытия трещин выполнен от действия постоянной и длительной части нормативных нагрузок. Суммарный коэффициент (рис. 10), является переходным коэффициентом перехода от расчетных значений нагрузок к нормативным. Данный коэффициент равен обратной величине коэффициента надёжности по нагрузке  $\gamma_f$  и принят равным: для постоянной нагрузки  $1/1,1 = 0,909$  (1 и 2 загрузки), для длительной и кратковременной  $1/1,2 = 0,833$  (3 и 4 загрузки).

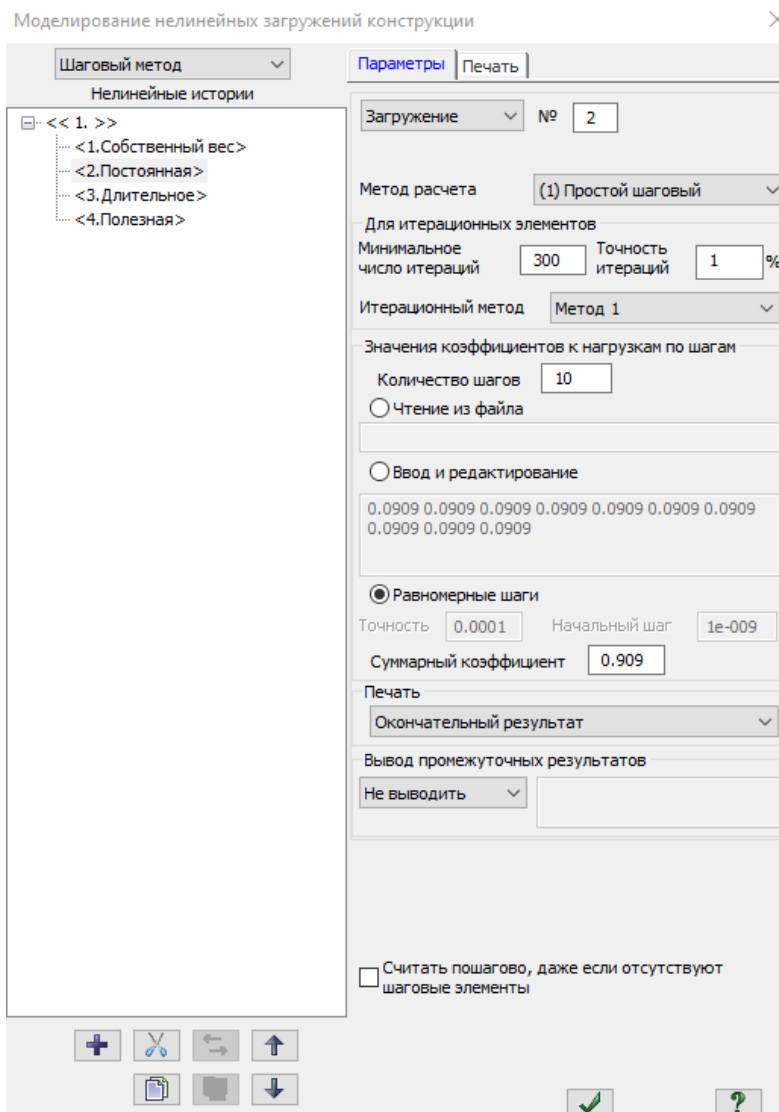


Рис. 10. Моделирование нелинейных загрузок конструкции

Всего было рассчитано три серии образцов (см. план эксперимента). Ниже приведены соответствующие диаграммы состояния бетонов В20 и В15 (рис. 11, 12).

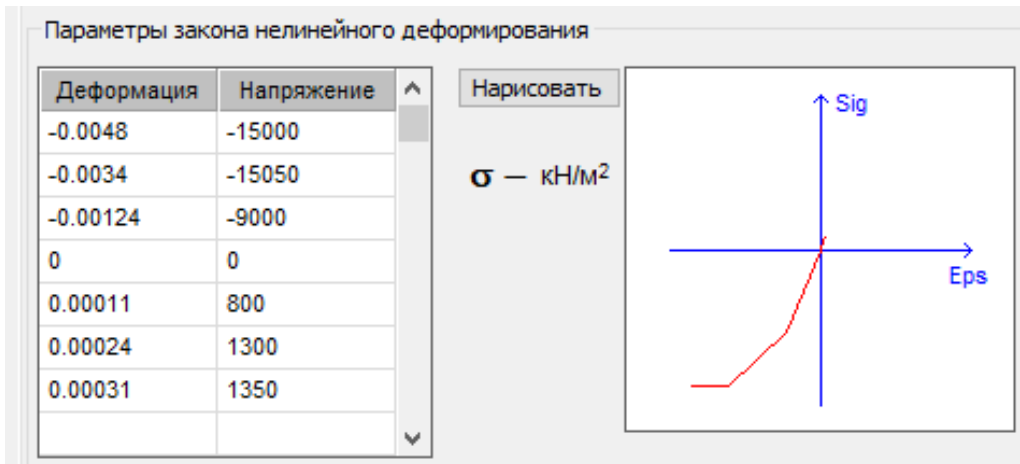


Рис. 11. Закон нелинейного деформирования для бетона В20

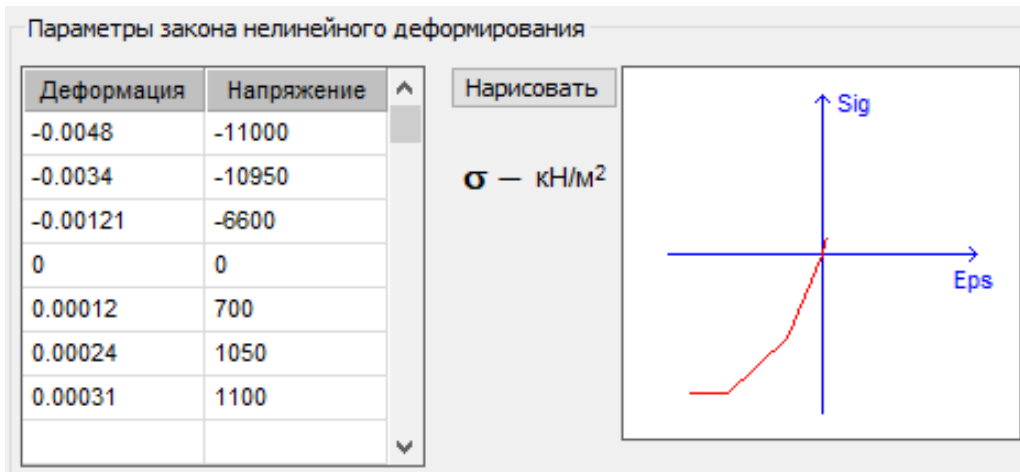


Рис. 12. Закон нелинейного деформирования для бетона В15

Требуемые в соответствии с планом эксперимента значения толщины защитного слоя бетона (4, 5, 6, 7 см) получали путём корректировки численных значений величины  $a$  в 10-ом и 13-ом столбцах таблицы ТЗА (рис. 13).

ID	Тип	Комментарий	X Top	As	a	Y Top	As	a	X Bottom	As	a	Y Bottom	As	a
1	AS		s200d12		5.20									
2	AS		s200d12		5.20									
3	AS		s200d16		5.20									
4	AS		s200d20		5.20									
5	AS					s200d12		4.00						
6	AS					s200d12		4.00						
7	AS					s200d16		4.00						
8	AS								s200d12		3.00			
9	AS								s200d12		3.00			
14	AS											s200d12		4.20

Рис. 13. Корректировка защитного слоя для ТЗА

При задании защитного слоя учитывалась послынная раскладка армирования с учетом смещения на значение диаметра (рис. 14).

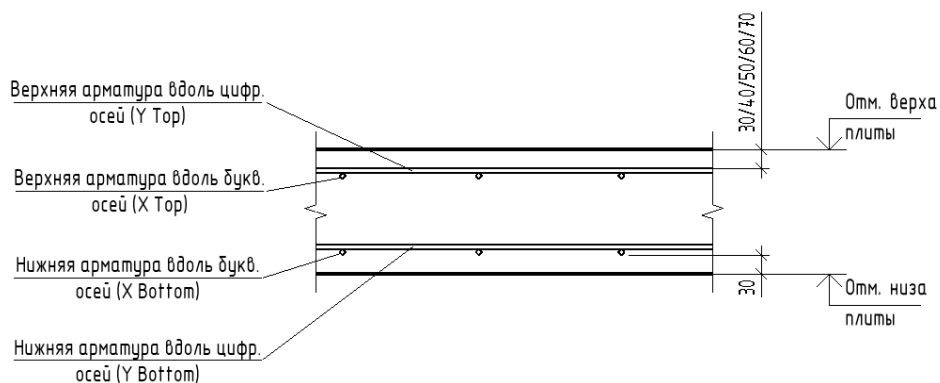


Рис. 14. Послойная раскладка армирования ТЗА

Изополю перемещений по оси Z, полученные после выполнения нелинейного расчета, при классе бетона В25 (рис. 15, 16):

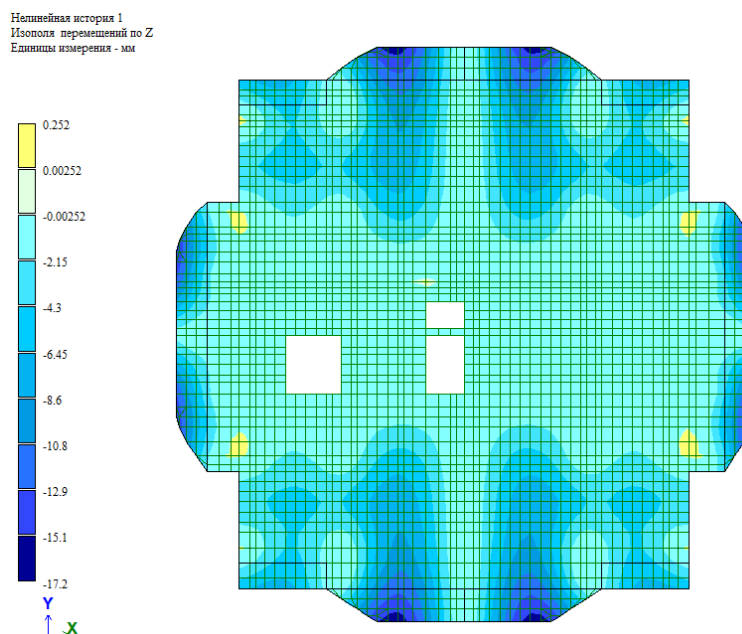


Рис. 15. Перемещения по оси Z (при защитном слое 3 см)

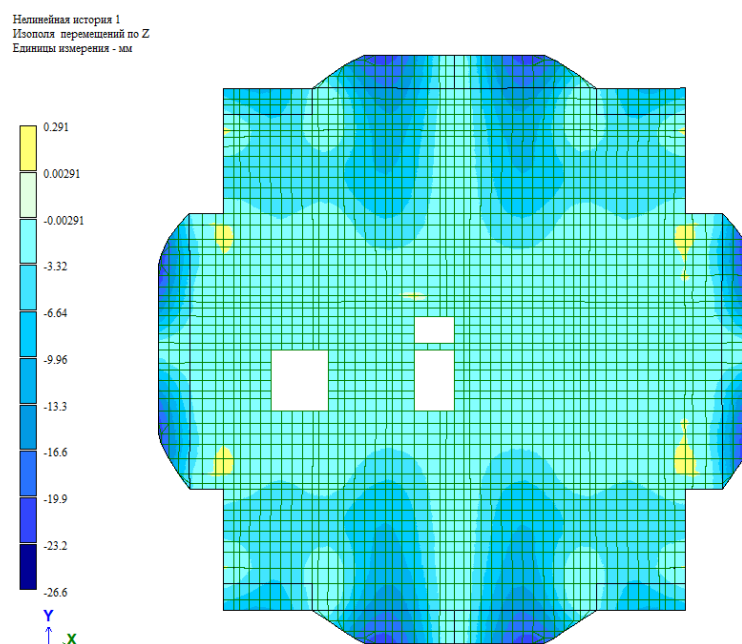


Рис. 16. Перемещения по оси Z (при защитном слое 7 см)

Анализируя вышележащие рисунки, можно увидеть, что максимальный прогиб увеличился с 17,2 мм, до 26,6 мм, то есть на 55 %.

Далее представлена мозаика ширины раскрытия трещин в верхнем слое при классе бетона В25 (рис. 17, 18):

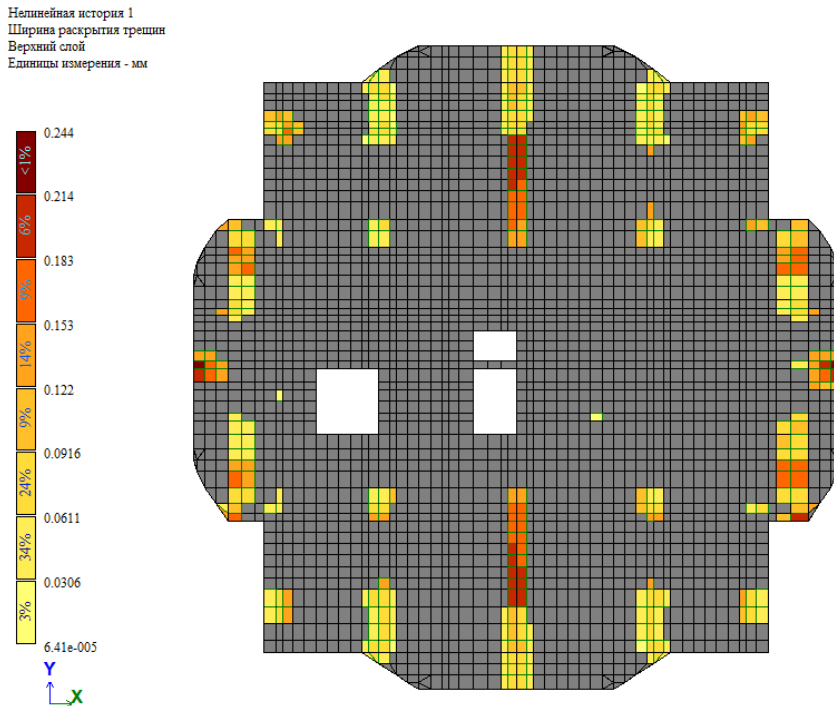


Рис. 17. Ширина раскрытия трещин в пластинах в верхнем слое (при защитном слое 3 см)

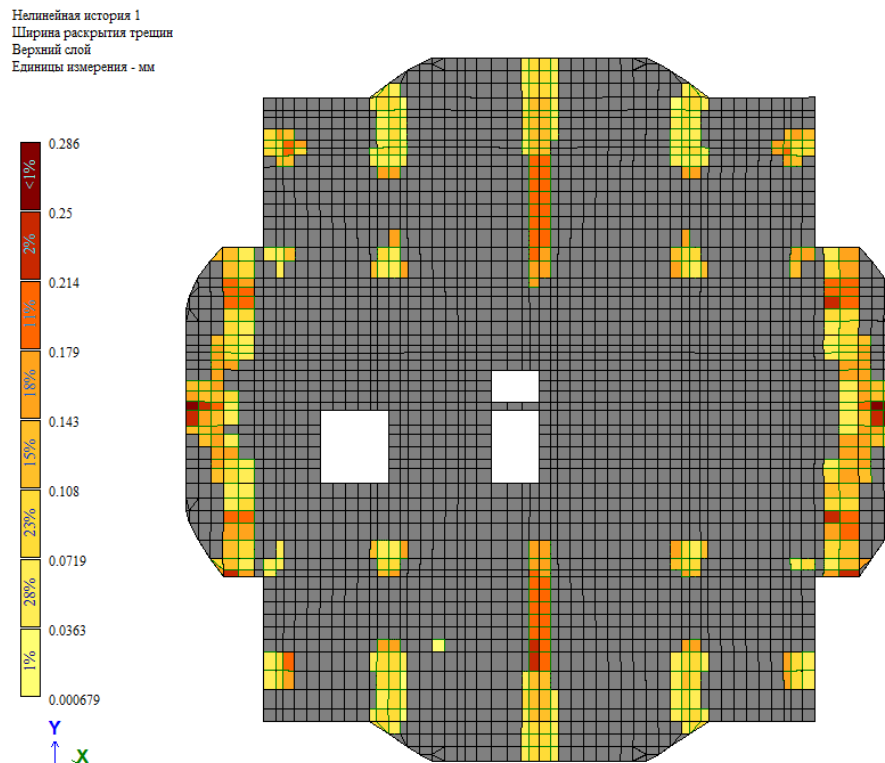


Рис. 18. Ширина раскрытия трещин в пластинах в верхнем слое (при защитном слое 7 см)

Анализ полученных результатов нелинейного расчета свидетельствует, что максимальная ширина раскрытия трещин в верхнем слое при защитном слое 3 см составляла 0,244 мм, после его увеличения до 7 см — 0,286 мм, т.е. возросла на 17,2 %.

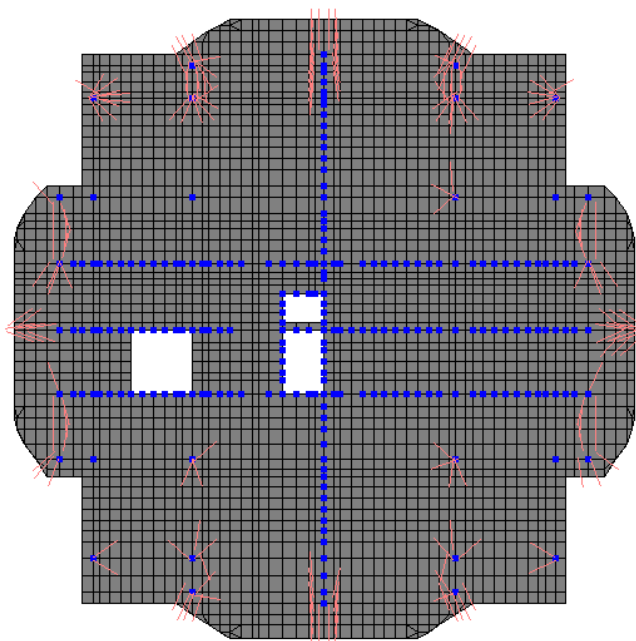


Рис. 19. Направление трещин в пластинах в верхнем слое (при защитном слое 3 см)

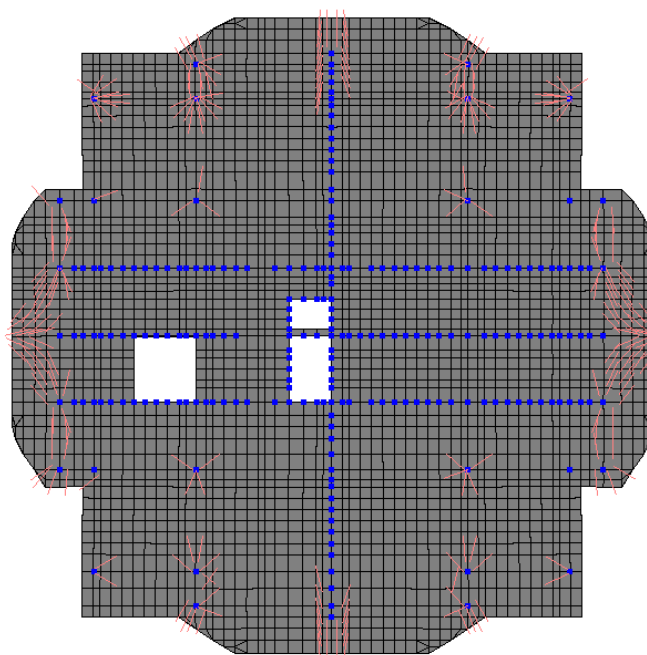


Рис. 20. Направление трещин в пластинах в верхнем слое (при защитном слое 7 см)

Сравнивая полученные результаты, изображенные на рис. 19 и 20, можно увидеть, что количество трещин на приопорных участках увеличилось.

По результатам нелинейного расчета построены графики зависимости максимального прогиба (рис. 21), максимальной ширины раскрытия трещин в верхней зоне от величины защитного слоя верхней арматуры (рис. 22).

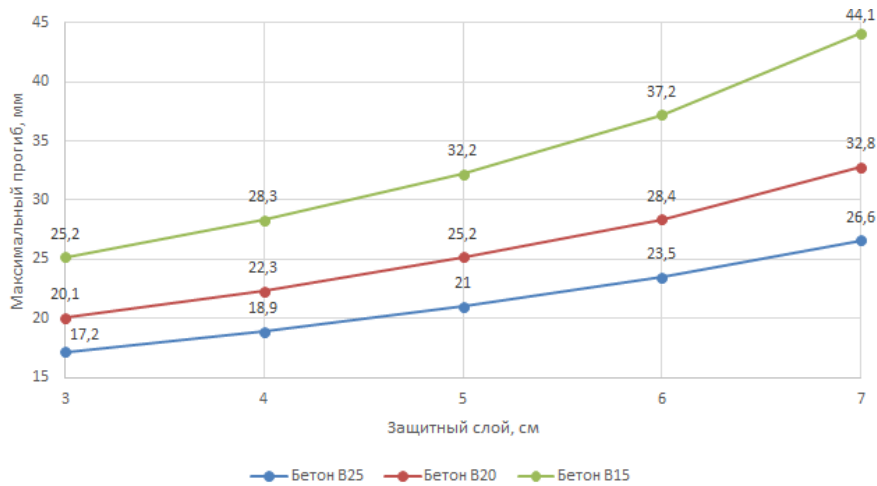


Рис. 21. График зависимости максимального прогиба от величины защитного слоя

Для бетона В15 максимальный прогиб увеличился на 75 %, в свою очередь, при бетоне В20 — на 63,2 %, В25 — на 54,6%. У графика, соответствующего бетону класса В15, на участке с величиной защитного слоя верхнего армирования 6–7 см, рост деформаций происходит стремительнее, чем при классе В20, В25. Аналогичное поведение графика можно увидеть на рис. 22.

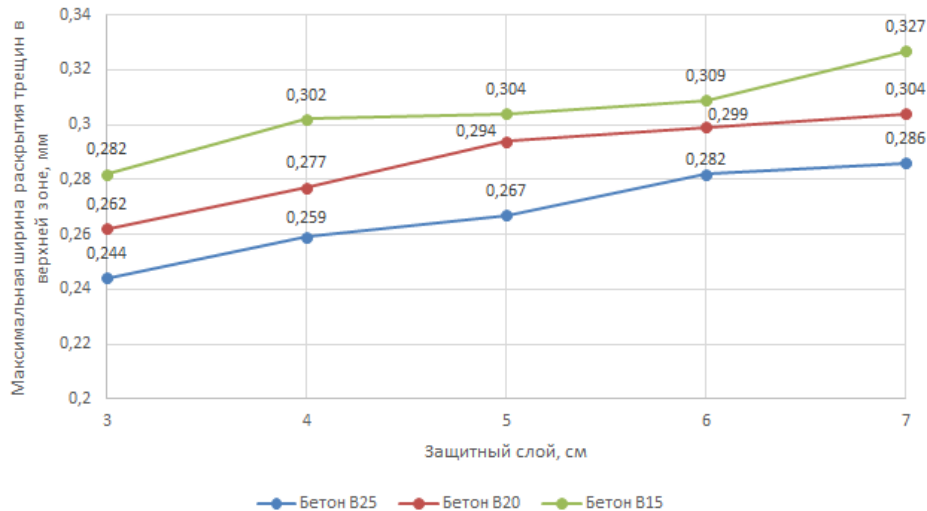


Рис. 22. График зависимости максимальной ширины раскрытия трещин в верхней зоне от величины защитного слоя

Также была вычислена несущая способность плиты перекрытия. В расчете принята ширина сечения 1 м, площадь растянутой арматуры  $A_s = 11,31 \text{ см}^2$  (10Ø12), площадь сжатой арматуры  $A'_s = 5,65 \text{ см}^2$  (5Ø12). Поведение графика — прямолинейное (рис. 17) несущая способность снижается на 30,9–31,6%:

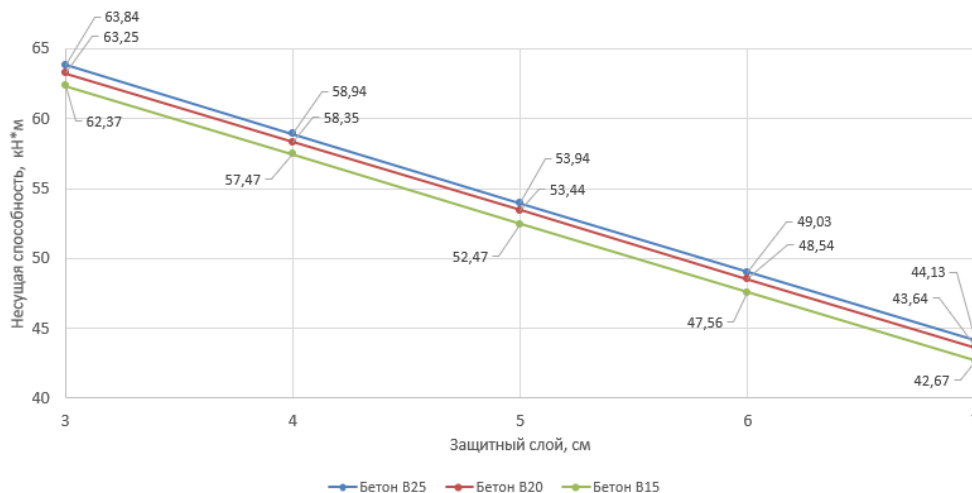


Рис. 23. График зависимости несущей способности от величины защитного слоя

**Заключение.** Увеличение защитного слоя верхней арматуры плиты перекрытия с 3 см до 7 см привело к уменьшению рабочей высоты сечения плиты с 15,2 см до 11,2 см, то есть на 26,3 % и, как следствие, к значительным изменениям эксплуатационных характеристик перекрытия. Несущая способность снизилась на 30,9–31,6%, максимальный прогиб плиты перекрытия увеличился на 56,4–75%, ширина раскрытия трещин в верхней зоне увеличилась на 15,9–17,2%. Помимо увеличения ширины раскрытия трещин, в верхней зоне проявляются новые трещины на опорных участках плиты перекрытия.

#### **Список литературы**

1. Аксёнов Н.Б., Задорожная А.В., Трофимова В.М., Синицина Т.В., Назаров А.В. Исследование влияния отклонений положения рабочей арматуры от проектного на прочность безбалочных перекрытий. *Инженерный вестник Дона*. 2018;(2(49)):168. URL: <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4902> (дата обращения: 25.03.2026).

2. Смоляго Г.А., Дрокин С.В., Фролов Н.В., Анисимович Н.А., Демин В.А. Исследование причин образования при строительстве у безбалочной монолитной железобетонной плиты перекрытия сверхнормативных прогибов и трещин. *Вестник евразийской науки*. 2025;17(1). URL: <https://esj.today/33savn125.html> (дата обращения: 25.03.2026).

3. Волков А.С., Дмитренко Е.А., Корсун А.В. Влияние дефектов строительства на несущую способность железобетонных конструкций монолитного каркасного здания. *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2015;(2(29)):45–56. URL: <https://sciup.org/vlijanie-defektov-stroitelstva-na-nesushhuju-sposobnost-zhelezobetonnyh-14322207> (дата обращения: 24.03.2026).

#### **Об авторах:**

**Никита Александрович Пискун**, магистрант кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» Донского государственного технического университета (344022, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), [nikita2021kerch@gmail.com](mailto:nikita2021kerch@gmail.com)

**Владимир Николаевич Аксёнов**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции» (344022, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), [aksenov.v.n@mail.ru](mailto:aksenov.v.n@mail.ru)

**Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

#### **About the Authors:**

**Nikita A. Piskun**, Master's Degree Student of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Don State Technical University (162, Sotsialisticheskaya Str., Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation), [nikita2021kerch@gmail.com](mailto:nikita2021kerch@gmail.com)

**Vladimir N. Aksenov**, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department of Reinforced Concrete and Stone Structures, Don State Technical University (162, Sotsialisticheskaya Str., Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation), [aksenov.v.n@mail.ru](mailto:aksenov.v.n@mail.ru)

**Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.**

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 691.553

### Оценка пространственной однородности сухих строительных смесей

Е.М. Гетьманова, Е.А. Шляхова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В статье рассмотрен подход к оценке однородности сухой штукатурной смеси на гипсовом вяжущем, основанный на статистической обработке результатов определения водоудерживающей способности. Цель работы — установить возможность применения методов математической статистики для оценки пространственной неоднородности смеси в объеме смесителя. Исследование выполнено на основе сопоставления выборок, сформированных по результатам испытаний проб, отобранных из двух различных зон смесителя. В работе использован критерий Стьюдента. Показано, что статистический анализ позволяет более объективно оценивать качество смешения, выявлять устойчивые различия между зонами смесителя и обосновывать необходимость совершенствования технологии перемешивания.

**Ключевые слова:** сухие строительные смеси; гипсовая штукатурная смесь; однородность смеси; водоудерживающая способность; статистический анализ; критерий Стьюдента

**Для цитирования.** Гетьманова Е.М., Шляхова Е.А. Оценка пространственной однородности сухих строительных смесей. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):48–52.

### Assessment of Spatial Homogeneity of Dry Building Mixes

Elena M. Getmanova, Elena A. Shlyakhova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article studies the problem of assessing the homogeneity of dry plaster mixes based on gypsum binder by using statistical approach to processing the results of water retention capacity calculations. The objective of the study was to establish the possibility of using mathematical statistics for assessment of the spatial heterogeneity of a mixture contained in a mixer. The research implied the comparison of testing results of the specimens from the sample groups taken from two different zones of a mixer. The Student's t-test was used. It was demonstrated that statistical analysis enables a more unbiased assessment of mixing quality, making it possible to identify consistent differences between zones of a mixer and justify the need for improving mixing technology.

**Keywords:** dry building mixes; gypsum-based plaster mix; homogeneity of a mixture; water retention capacity; statistical analysis; Student's t-test

**For Citation.** Getmanova EM, Shlyakhova EA. Assessment of Spatial Homogeneity of Dry Building Mixes. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):48–52.

**Введение.** Развитие строительного материаловедения связано с проектированием составов, обладающих заранее заданными физико-механическими характеристиками. Современные сухие строительные смеси (далее ССС) представляют собой многокомпонентные системы, в состав которых, помимо минерального вяжущего и заполнителя, могут входить тонкодисперсные минеральные добавки, полимерные модификаторы, водоудерживающие агенты, редуцируемые порошки, пластифицирующие, гидрофобизирующие и иные функциональные компоненты. Усложнение рецептурного состава закономерно расширяет диапазон регулируемых свойств материала, однако одновременно существенно повышает чувствительность готового продукта к отклонениям на стадии дозирования, смешения и технологического контроля. Даже незначительная неоднородность распределе-

ния отдельных компонентов в объеме смеси способна привести к изменению эксплуатационно значимых показателей. Вследствие этого вопрос однородности ССС и ее оценки приобретает ключевое значение в обеспечении качества продукции.

В исследованиях, посвященных технологии производства сухих строительных смесей, однородность рассматривается как один из базовых показателей качества готового продукта. В частности, в работах по смесительному оборудованию и технологиям подготовки ССС подчеркивается, что именно равномерность распределения компонентов во многом определяет соответствие смеси нормативным и эксплуатационным требованиям [1]. Отмечается также, что на производственной линии особое значение приобретают конструкция смесителя, характер движения частиц, режимы перемешивания и организация загрузки компонентов, поскольку именно эти параметры формируют конечную степень однородности системы [2].

Контроль качества сухих строительных смесей представляет собой сложную научно-техническую задачу, поскольку объект контроля является дисперсной многокомпонентной системой со стохастическим характером распределения частиц. В реальных условиях производства качество смеси определяется как рецептурой, так и совокупным влиянием переменных технологических факторов: точностью дозирования, гранулометрическим составом сырья, различиями в насыпной плотности компонентов, влажностью материалов, временем смешения, состоянием рабочих органов оборудования, а также условиями отбора проб. В результате показатели качества могут варьироваться как в пространстве, то есть в различных зонах смесителя, так и во времени — от одной производственной партии или месяца наблюдений к другому. Это означает, что простое сопоставление отдельных измерений или даже средних значений без статистической интерпретации не позволяет надежно судить о наличии либо отсутствии систематической неоднородности.

Именно поэтому в задачах контроля и оценки качества сухих строительных смесей возрастает роль статистических методов обработки экспериментальных данных. Их применение позволяет перейти от описательного уровня анализа к количественно обоснованной проверке гипотез о характере распределения показателей качества. Статистический подход делает возможным различение случайных колебаний результатов измерений и устойчивых, воспроизводимых различий, обусловленных особенностями технологического процесса.

**Основная часть.** Оценка однородности сухих строительных смесей представляет собой самостоятельную научно-методическую проблему, поскольку в настоящее время отсутствует универсальный стандартизированный подход, позволяющий количественно характеризовать степень равномерности распределения компонентов в объеме смеси, что также отмечается в [2, 3]. В отличие от нормируемых государственными стандартами показателей, однородность не является отдельным физико-механическим свойством материала, а лишь отражает характер распределения компонентов или параметров смеси в пространстве.

В связи с этим однородность оценивается косвенно — на основе результатов испытаний, отбираемых от партии ССС проб, и статистической обработки экспериментальных данных отдельных показателей качества. При этом выбор конкретного показателя, схема отбора, включая место, глубину, объем и момент отбора проб, существенно влияют на результат оценки, поскольку различные свойства смеси обладают неодинаковой чувствительностью к неоднородности распределения компонентов.

Дополнительная сложность заключается в том, что сухая строительная смесь является многокомпонентной дисперсной системой, в которой отдельные составляющие различаются по гранулометрическому составу, насыпной плотности, форме частиц и склонности к сегрегации. Вследствие этого смесь может проявлять различную степень однородности по разным компонентам и показателям, что затрудняет ее однозначную характеристику. Как показывают исследования процессов смешения сыпучих материалов, различия в свойствах частиц могут приводить к пространственной неоднородности даже при внешне стабильном технологическом режиме [4].

По этой причине достоверная оценка однородности невозможна без статистической обработки экспериментальных данных, позволяющей разграничить случайную вариацию измерений и устойчивые различия между исследуемыми зонами смеси.

Таким образом, в современных исследованиях однородность ССС целесообразно рассматривать как степень равномерности распределения исследуемого показателя, устанавливаемую на основе репрезентативного пробоотбора и статистически обоснованного анализа результатов испытаний.

Целью настоящего исследования является оценка пространственной однородности сухой строительной смеси в рабочем объеме смесителя на основе статистического анализа результатов определения значения выбранного исследуемого показателя. В качестве такого признака в научных и производственных исследованиях могут использоваться как прямые показатели, например содержание контрольного компонента, пигмента, активной добавки или химического модификатора [5], так и косвенные функциональные показатели, такие как насыпная плотность, водоудерживающая способность, прочность, подвижность, влажность или другие характеристики.

В качестве рабочей гипотезы было принято предположение о том, что при наличии неоднородности смеси значения исследуемого показателя для проб, отобранных из различных частей смесителя, будут систематически различаться, а выявленные различия могут быть статистически подтверждены. Соответственно, при достаточной однородности смешения различия между выборками, сформированными по результатам отбора проб из различных зон смесителя, не должны носить статистически значимого характера.

Экспериментальная часть исследования была выполнена в условиях производственного процесса изготовления сухой штукатурной смеси на гипсовом вяжущем по ГОСТ Р 58279 (далее — гипсовая смесь). Основная задача экспериментальной части заключалась в получении сопоставимых выборок значений контролируемого показателя из двух различных зон смесителя, условно обозначенных в таблице 2 как А и Б.

Гипсовые штукатурные смеси относятся к числу широко применяемых сухих строительных материалов, наносимых механизированным или ручным способом. Эксплуатационные и технологические свойства смесей формируются за счет совместного действия нескольких групп компонентов, включая гипсовое вяжущее, минеральные наполнители, минеральные добавки, а также модифицирующие компоненты, вводимые в соотношении, достигающем 1:100 000.

Нормируемыми показателями качества штукатурных смесей являются показатели качества сухих смесей, растворов смесей, растворов. Фактические значения показателей качества должны соответствовать требованиям стандарта, приведенным в таблице 1.

Таблица 1

Требования к значениям показателей штукатурных смесей по ГОСТ Р 58 279

Наименование показателя	Предельное значение показателя
Сухих штукатурных смесей	
Влажность, % по массе, не более	0,5
Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Фактическое значение должно соответствовать значению, регламентированному в ТД изготовителя
Растворных штукатурных смесей	
Подвижность по расплыву конуса, мм:	
– предназначенных для ручного нанесения	160±20
– предназначенных для механизированного нанесения	170±20
Водоудерживающая способность, %, не менее	95
Начало схватывания, мин, не менее:	
– предназначенных для ручного нанесения	30
– предназначенных для механизированного нанесения	60
Растворов штукатурных смесей	
Предел прочности на растяжение при изгибе в возрасте 7 сут, МПа, не менее	1,0*
Предел прочности при сжатии в возрасте 7 сут, МПа, не менее	2,0**
Прочность сцепления с основанием в возрасте 7 сут, МПа, не менее	0,3
Стойкость к образованию усадочных трещин	Устойчива

*Примечание:* \*Предел прочности на растяжение при изгибе для штукатурных смесей, у которых фактическая средняя плотность раствора не более 800 кг/м<sup>3</sup>, составляет не менее 0,7 МПа.

\*\*Предел прочности при сжатии для штукатурных смесей, у которых фактическая средняя плотность раствора не более 800 кг/м<sup>3</sup>, составляет не менее 1,5 МПа.

Одним из ключевых показателей качества гипсовой штукатурной смеси является водоудерживающая способность, в значительной степени определяющая поведение растворной смеси при затворении и нанесении. Поскольку штукатурные смеси являются материалом, который наносится тонким слоем, процесс потери воды из штукатурного слоя достаточно интенсивен. Быстрое высыхание штукатурного слоя может привести к ряду негативных последствий — снижению пластичности раствора до окончания штукатурных работ из-за поглощения воды основанием, образованию трещин, недостаточной гидратации вяжущего и, как следствие, недостаточной прочности затвердевшего раствора.

Ввиду важности данного показателя, а также с учетом малых дозировок водоудерживающих добавок (в зависимости от рецептуры от 0,01 % до 0,5 % от массы смеси) в рамках настоящего исследования пространственная неоднородность оценивалась по величине показателя водоудерживающей способности смеси.

Методическая схема исследования основана на статистическом анализе экспериментальных данных, полученных в ходе производственного контроля выбранной гипсовой смеси. Для оценки однородности смешения в течение 6 месяцев выполнялся отбор проб в двух фиксированных зонах смесителя (А и Б). Далее для отобранных проб определялась водоудерживающая способность в соответствии со стандартизированной методикой ГОСТ Р 58276. Таким образом, для каждого месяца были сформированы две независимые малые выборки  $n$  и  $m$  (число испытаний  $<30$ ), соответствующие двум исследуемым зонам смесителя.

Для обеспечения корректности статистической интерпретации сравнение проводилось между выборками, сформированными в пределах одного и того же месяца. Показатели качества сухих строительных смесей в условиях реального производства могут изменяться под влиянием различных факторов, включая колебания характеристик исходных материалов, особенности загрузки компонентов, изменения режимов работы оборудования и общую вариабельность технологического процесса. В связи с этим объединение данных за длительный период в одну совокупность могло бы затруднить интерпретацию результатов и не позволило бы корректно выделить именно пространственные различия между исследуемыми частями смесителя. Раздельный анализ по месяцам позволяет рассматривать каждую пару выборок как данные, относящиеся к сопоставимым производственным условиям.

Обозначим через  $n$  и  $m$  объемы малых независимых выборок для зон смесителя А и Б, соответственно,  $n$  и  $m$ . По ним определены соответствующие выборочные средние  $x$  и  $y$  и выборочные дисперсии  $s^2_x$  и  $s^2_y$ . Генеральные дисперсии, хотя и неизвестны, но предполагаются одинаковыми. Заданный уровень значимости  $\alpha = 0,05$ .

Нулевая гипотеза  $H_0$ :  $M(X) = M(Y)$  — средние значения показателя в двух частях смесителя одинаковы.

Альтернативная гипотеза  $H_1$ :  $M(X) \neq M(Y)$  — средние значения показателя в двух частях смесителя статистически значимо различаются. В том случае, если различие статистически значимое, разница между средними значениями в двух точках отбора настолько велика относительно разброса данных, что ее маловероятно объяснить случайностью.

Для проверки гипотезы необходимо вычислить наблюдаемое значение критерия:

$$T_{\text{набл}} = \frac{x - y}{(n-1)s^2_x + (m-1)s^2_y} \cdot \sqrt{\frac{nm(n+m-2)}{n+m}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{набл}}$  — наблюдаемое значение критерия;  $x$  — выборочное среднее для выборки из зоны А смесителя;  $y$  — выборочное среднее для выборки из зоны Б смесителя;  $n, m$  — объем малых независимых выборок из точек А и Б смесителя, соответственно;  $s^2_x, s^2_y$  — выборочные дисперсии для зон А и Б смесителя, соответственно.

Затем, по таблице критических точек распределения Стьюдента, по за данному уровню значимости  $\alpha$ , и числу степеней свободы  $k = n + m - 2$  найдена критическая точка  $t_{\text{двуст.кр}}(\alpha; k)$ . Если при проверке условия  $|T_{\text{набл}}| > t_{\text{двуст.кр}}(\alpha; k)$ , то нулевую гипотезу отвергают. Наблюдаемое значение критерия вычисляется для каждого месяца по формуле 1. Результаты вычислений приведены в таблице 2.

Таблица 2

Статистические показатели за исследуемый период

Месяц	Зона выборки	Объем выборки, $n$ и $m$	Водоудерживающая способность, %		$T_{\text{набл}}$	Критическая точка $t_{\text{двуст.кр}}$
			Выборочные средние $n$ и $m$	Выборочные дисперсии $s^2_x, s^2_y$		
Сентябрь	А	11	95,81	0,217	8,22	2,12
	Б	7	97,81	0,318		
Октябрь	А	13	95,98	0,431	3,86	2,09
	Б	8	97,26	0,737		
Ноябрь	А	15	95,57	0,538	6,31	2,07
	Б	9	97,48	0,477		
Декабрь	А	23	96,32	0,591	7,56	2,02
	Б	22	98,04	0,572		
Январь	А	5	96,02	0,257	5,56	2,26
	Б	6	98,03	0,439		
Февраль	А	27	95,79	0,473	11,31	2,01
	Б	28	97,79	0,391		

В результате статистической обработки экспериментальных данных установлено, что в каждом исследуемом месяце выборочные средние контролируемого показателя различаются значимо. Несмотря на то, что все полученные результаты испытаний соответствуют требованиям ГОСТ и не дают оснований для отклонения партии или прямых показаний к изменению технологии либо рецептуры, полученный результат может свидетельствовать о наличии неучтенных конструктивных или технологических недостатков в производственном процессе.

В случае, если статистически значимых различий по отдельным месяцам не выявлено, это означает, что в рассматриваемый период средние значения исследуемого показателя в двух частях смесителя не различались на статистически подтвержденном уровне. Подобный результат может рассматриваться как косвенное свидетельство удовлетворительной равномерности распределения смеси по исследуемому параметру. Вместе с тем следует отметить, что отсутствие статистически значимых различий не доказывает абсолютную однородность сравниваемых зон, а лишь показывает, что имеющиеся экспериментальные данные не позволили подтвердить наличие систематической разницы между ними.

**Заключение.** В работе рассмотрен подход к оценке пространственной однородности сухой штукатурной смеси на гипсовом вяжущем на основе статистической обработки результатов определения водоудерживающей способности проб, отобранных из различных частей смесителя. Обосновано использование водоудерживающей способности в качестве технологически значимого показателя, чувствительного к возможной неравномерности распределения компонентов. Показано, что однородность смеси не может быть однозначно оценена только по единичным результатам испытаний и требует применения методов количественного анализа.

Применение статистических методов позволяет повысить объективность оценки качества смешения, расширить возможности интерпретации экспериментальных данных и создать более надежную основу для совершенствования технологических режимов производства сухих строительных смесей.

#### Список литературы

1. Фадин Ю.М., Шеметова О.М. Сухие строительные смеси и смесительное оборудование для их производства. *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова*. 2020;5(12):145–150. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2020-5-12-145-150>
2. Hadi A, Roelpl R, Pang Y, Schott DL. DEM Modelling of Segregation in Granular Materials: A Review. *KONA Powder and Particle Journal*. 2024;41:78–107. <https://doi.org/10.14356/kona.2024017>
3. Bridgwater J. Mixing of Powders and Granular Materials by Mechanical Means—A Perspective. *Particuology*. 2012;10:397–427. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2012.06.002>
4. Ottino JM, Khakhar DV. Mixing and Segregation of Granular Materials. *Annual Review of Fluid Mechanics*. 2000;32:55–91. <https://doi.org/10.1146/annurev.fluid.32.1.55>
5. Таршиш М.Ю., Королев Л.В., Черпицкий С.Н., Капранова А.Б. Система контроля качества сыпучей смеси в барабанном устройстве непрерывного действия. Умные композиты в строительстве. *Тамбов*. 2020;1(1):56–64. URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1\\_2020](http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020) (дата обращения: 01.04.2026).

#### Об авторах:

**Елена Михайловна Гетьманова**, магистрант кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [e\\_getmanova03@mail.ru](mailto:e_getmanova03@mail.ru)

**Шляхова Елена Альбертовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [shlyahovae@list.ru](mailto:shlyahovae@list.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

#### About the Authors:

**Elena M. Getmanova**, Master's Degree Student of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [e\\_getmanova03@mail.ru](mailto:e_getmanova03@mail.ru)

**Elena A. Shlyakhova**, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [shlyahovae@list.ru](mailto:shlyahovae@list.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 631.354.022

### Проблемы износостойкости режущих ножей сельскохозяйственной техники и пути её повышения

**В.Л. Бабин, В.А. Лебедев**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В статье представлены назначение и область применения режущих ножей в устройствах, предназначенных для переработки сельскохозяйственной продукции. Научная проблема заключается в недостаточном ресурсе режущих кромок ножей. Сформулированы требования, обеспечивающие их работоспособность в эксплуатационных условиях. Приведен обзор современных методов упрочнения концентрированными потоками энергии, используемых для повышения износостойкости ножей. Раскрыты физическая сущность и технологические возможности электроакустического метода упрочнения как перспективного способа повышения износостойкости режущих ножей.

**Ключевые слова:** режущий нож, износостойкость, упрочнение

**Для цитирования.** Бабин В.Л., Лебедев В.А. Проблемы износостойкости режущих ножей сельскохозяйственной техники и пути её повышения. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):53–57.

### Study on Wear Resistance of Cutting Knives in Agricultural Machinery and the Ways to Improve It

**Vitaly L. Babin, Valery A. Lebedev**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article presents the purpose and scope of application of cutting knives in agricultural processing equipment. The scientific problem to be revolved is the insufficient service life of knife cutting edges. Requirements for ensuring their performance under operating settings have been formulated. A review of modern methods of hardening with concentrated energy flows used to improve the wear resistance of knives has been provided. The physical nature and technological potential of electro-acoustic hardening as a future-oriented method of increasing wear resistance of cutting knives have been revealed.

**Keywords:** cutting knife, wear resistance, hardening

**For Citation.** Babin VL, Lebedev VA. Study on Wear Resistance of Cutting Knives in Agricultural Machinery and the Ways to Improve It. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):53–57.

**Введение.** Повышение надежности и долговечности деталей и оборудования сельского хозяйства, увеличение ресурса наработки на отказ, снижение затрат при изготовлении являются главными задачами современного сельхозмашиностроения. Одной из таких деталей, которая подвержена интенсивному износу во время работы, является режущий нож.

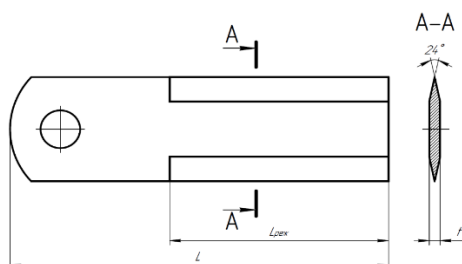


Рис. 1. Режущий нож

В основном он используется в специальных устройствах для измельчения пожнивных остатков (стеблей солом, листьев, корней) при прямом и непрямом комбайнировании. Также ножи применяются в устройствах для приготовления кормов, в адаптерах зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов при скашивании сельскохозяйственных культур и др. Среда, в которой эксплуатируются ножи, является агрессивной. В ней присутствуют кислоты и соли, абразивные частицы, а также повышенная влажность. Одновременно в процессе работы на нож действуют абразивный, коррозионный, ударный и усталостный виды изнашивания.

Основная проблема режущих ножей — низкий ресурс наработки на отказ. Он составляет 2–3 сезона или 60–80 га/нож, а при затуплении этот показатель на порядок ниже — 4,0–5,5 га/нож [1]. Из-за затупления ножа увеличивается энергопотребление, которое может достигать 30 % от мощности привода, возрастает расход ГСМ, повышается уровень вибраций, вследствие чего нарушается работа датчиков, перетираются жгуты проводов и оказываются негативное влияние на здоровье механизатора. Ухудшается фракционный состав измельченной соломы, из-за чего ее перегнивание происходит дольше и менее полно. Экономические потери обусловлены простоем техники в период полевых работ. Замена ножей — сложный и трудоемкий процесс. На барабане их устанавливается от 36 до 80 шт. Замена ножей осуществляют попарно, после чего барабан балансируют в сборе. Поэтому перед исследователями стоит задача повышения износостойкости с целью увеличения ресурса работы ножа.

Перед проведением обзорного исследования были сформулированы требования к методу упрочнения исходя из конструктивных особенностей объекта исследования — ножа — и условий его эксплуатации: — режущая кромка должна выдерживать высокие циклические нагрузки; — режущая кромка должна обладать износо- и коррозионной стойкостью при высокой усталостной прочности; — метод упрочнения должен обеспечивать минимальный нагрев основы, сохранение геометрии и качества режущей кромки; если используется покрытие, оно должно формировать плотный, трещиностойкий слой с высокой адгезией; — твердость должна составлять 50–60 HRC; — метод должен обеспечивать упрочнение режущих кромок сложного профиля.

Цель исследования: поиск путей, направленных на повышение износостойкости режущего ножа сельскохозяйственной техники.

В качестве наиболее эффективного направления достижения поставленной цели предлагается применение технологии упрочнения.

**Методы упрочнения.** В последние десятилетия получили развитие методы поверхностного упрочнения с использованием высококонцентрированных источников энергии. Эти методы позволяют существенно улучшить эксплуатационные свойства деталей при минимальном тепловом воздействии на основной металл, что предотвращает нежелательные структурные изменения и коробление изделий.

*Лазерное упрочнение* — метод, обеспечивающий повышение твердости и износостойкости поверхностного слоя деталей за счет воздействия лазерного луча. Луч, обладающий высокой плотностью энергии (обычно  $10^3$ – $10^7$  Вт/см<sup>2</sup>), фокусируется на поверхности детали. Энергия лазера поглощается материалом и преобразуется в тепло. В результате поверхностный слой нагревается до температур выше точки Кюри (для ферромагнитных материалов) или до температуры аустенитного превращения (для сталей) [2]. Критическим фактором является скорость охлаждения. После нагрева аустенит охлаждается со скоростью  $10^3$ – $10^4$  К/с, что обеспечивает мартенситное превращение и образование твердой структуры. Остаточные напряжения сжатия, возникающие при охлаждении, повышают усталостную прочность на 30–50 % [1]. Метод требует дорогостоящего оборудования и не позволяет качественно обрабатывать детали сложной геометрии, поскольку высок риск термических деформаций.

*Электронно-лучевое упрочнение* основано на использовании пучка электронов, ускоренных в электрическом поле высокого напряжения [3]. Электроны ускоряются между катодом и анодом в поле напряжением 20–150 кВ и фокусируются в узкий пучок с помощью магнитных линз. Сгенерированные электроны теряют свою энергию при взаимодействии с атомами материала. Эта энергия преобразуется в тепловую, что вызывает локальное расплавление. Затем происходит быстрое охлаждение расплавленного слоя со скоростью  $10^4$ – $10^5$  К/с. Формируется закаленная микроструктура с мелким зерном. Данный способ требует вакуумных условий, что существенно повышает его себестоимость.

*Ионно-плазменное напыление* — способ нанесения тонких защитных покрытий в вакуумной камере. В плазме газа образуются быстрые ионы, которые выбивают атомы из металлической мишени и переносят их на деталь, где они осаждаются в виде слоя. Напыление осуществляется либо магнетроном, либо вакуумно-дуговым осаждением, либо ионным плакированием [4]. Данный метод чувствителен к загрязнениям подложки, что может приводить к формированию хрупких покрытий с низкой адгезией и высоким энергопотреблением.

*Магнито-импульсное упрочнение* реализует процесс повышения прочности и улучшения физико-механических свойств металлических изделий посредством кратковременного воздействия импульсного магнитного поля высокой напряженности [5]. В конденсаторе накапливается электрическая энергия, которая затем высвобождает

ется с образованием магнитного поля. Оно индуцирует вихревые токи. Взаимодействие вихревых токов с магнитным полем создает давление на поверхность. Происходит локальный разогрев в местах структурной неоднородности, устраняются дефекты кристаллической решетки (дислокации, вакансии), уплотняются поверхностные слои, формируются остаточные напряжения сжатия. Однако метод вызывает появление значительных остаточных напряжений и трещин на поверхности вследствие ударных волн, а также ограничен по глубине воздействия.

*Детонационное напыление* является разновидностью газотермического напыления, при котором для нагрева и ускорения напыляемого материала используется энергия продуктов детонации газокислородного топлива [6]. Метод основан на применении высокотемпературных потоков продуктов взрыва, полученных в условиях вневакуумного режима. Процесс напыления осуществляется следующим образом. Ствол пушки заполняется смесью горючего газа и кислорода, а также в него подается напыляемый порошок. Затем газовая смесь воспламеняется электрической искрой. Продукты детонации разогревают и ускоряют частицы до скорости 600–1000 м/с, вследствие чего на поверхности формируется покрытие. Благодаря высокой скорости частиц детонационные покрытия обладают плотностью, близкой к плотности спеченного материала, и высокой адгезией [6]. Основными недостатками метода являются высокий уровень шума и вибрации, возникающие во время микровзрывов, вследствие чего снижается плотность напыленного покрытия и уменьшается адгезия к подложке.

*Комплексное лазерно-ультразвуковое упрочнение* реализуется по двум схемам. При первой, последовательной, лазер нагревает поверхностный слой, после чего ультразвуковое воздействие дополнительно его уплотняет. При второй схеме лазер и ультразвук действуют одновременно, обеспечивая синергетическое взаимодействие двух факторов. Быстрый нагрев и охлаждение обеспечивают аустенитные превращения, формирование закаленной структуры и повышение остаточных напряжений сжатия. За счет применения ультразвука дополнительно уплотняется поверхностный слой, обеспечивается повышенная плотность дислокаций, формируется наноструктура и улучшается адгезия к подложке. Однако данный метод сочетает недостатки лазерного воздействия, включая высокую стоимость, и ультразвуковой обработки, включая неравномерность, что требует сложной синхронизации процесса. При этом сохраняется высокий риск термических деформаций и перегрева подложки. В поверхностном слое могут образовываться микротрещины, поры и фазовые неоднородности, снижающие усталостную прочность при ударных нагрузках от камней и почвы, попадающих в технологический тракт сельскохозяйственной машины.

*Электроэрозионное легирование* осуществляется посредством периодического контакта вибрирующего электрода-инструмента (анода) с обрабатываемой деталью (катодом) в электрическом поле, что приводит к переносу материала электрода на поверхность детали [8]. При сближении электрода-инструмента с поверхностью детали между ними возникает электрический разряд (искра). В области разряда формируется плазменный канал с температурой 3000–4000 °С. Происходит локальное расплавление материала электрода и поверхности детали. Материал электрода переносится в виде микроскопических капель и брызг на поверхность обрабатываемого изделия, при этом на поверхности образуется слой с белой структурной зоной, диффузионной зоной и зоной термического влияния. Недостатками метода являются ограниченная толщина покрытия (0,1–0,5 мм) вследствие локального характера искрового воздействия, многочисленные микротрещины размером до 10–20 мкм, а также растягивающие остаточные напряжения, которые приводят к снижению усталостной прочности и преждевременному разрушению в условиях абразивного износа.

*Ультразвуковое упрочнение* реализуется путем воздействия на поверхность ультразвуковых колебаний, передаваемых через специальные волноводы с металлическими или керамическими инструментами, которые вызывают микропластическую деформацию поверхностного слоя [9]. Инструмент наносит серию микроударов по поверхности обрабатываемой детали. Каждый удар вызывает микропластическую деформацию поверхностного слоя, вследствие чего возникают высокие остаточные напряжения сжатия. Благодаря этому воздействию измельчаются кристаллы, увеличивается плотность дислокаций, формируются напряжения сжатия, а поверхность становится более плотной и однородной. Результаты исследований процесса ультразвукового упрочнения показывают, что износостойкость и усталостная прочность деталей увеличиваются в 1,5–2 раза [9]. Вместе с тем ультразвуковое упрочнение имеет ряд недостатков. Оно оказывает исключительно поверхностное действие на глубину 20–100 мкм без существенного упрочнения и изменения химического состава и твердости. Эффект упрочнения быстро снижается вследствие абразивного износа. Кроме того, наблюдается неравномерность обработки деталей сложной геометрической формы, так как происходит затухание волн.

#### **Физические основы электроакустического напыления**

*Электроакустическое напыление (ЭЛАН)* — это инновационный метод нанесения защитных покрытий и формирования нанокристаллических структур, основанный на комплексном воздействии энергии электрической искры и продольно-крутильного ультразвукового поля высокой амплитуды [10].

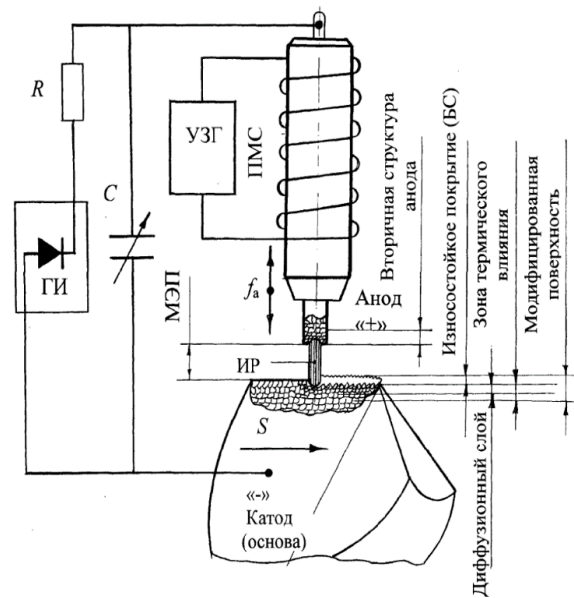


Рис. 2. Схема электроакустического напыления: ГИ — генератор импульсов; УЗГ — ультразвуковой генератор; ПМС — преобразователь магнитно-стрикционный; ИР — искровой разряд; МЭП — межэлектродное пространство; БС — «белый слой»; С — емкость разрядного контура

Электрод, закрепленный на волноводе, совершает продольно-крутильные ультразвуковые колебания с частотой около 20 кГц, формируя минимальный межэлектродный зазор с деталью. При подаче высокого напряжения возникает искровой разряд, вызывающий локальное расплавление электрода и образование микрокапель металла в квазижидкой фазе. Под действием электрического поля и механических колебаний эти капли перемещаются к поверхности детали, где диспергируются до наночастиц, после чего напыляются и уплотняются.

К основным достоинствам метода относятся низкотемпературные режимы обработки — менее 200–300 °С — что исключает перегрев, коробление и изменение структуры подложки. Диспергирование капли расплава на наночастицы обеспечивает достижение плотности покрытия до 99 %. Покрытие характеризуется высокой адгезией, обусловленной образованием химических связей, что способствует повышению износостойкости в 2–4 раза в абразивных полевых условиях, при воздействии почвы, песка и камней. Метод применим для обработки объектов сложной геометрической формы и деталей различных размеров. Напыление выполняется без использования вакуума и инертной среды. В процессе используется доступное компактное оборудование невысокой стоимости. Получаемые покрытия отличаются повышенной твердостью до 60 HRC, коррозионной стойкостью и высокой усталостной прочностью. Данный метод позволяет формировать покрытие с контролируемыми параметрами и локально воздействовать на требуемые участки. Метод является экономичным и универсальным благодаря высокой эффективности и возможности нанесения покрытия на любые токопроводящие материалы.

**Заключение.** Основные риски применения вышеперечисленных методов связаны с высокой стоимостью и сложностью оборудования, а также со строгими требованиями к режимам обработки и подготовке поверхности. Эти методы характеризуются высоким энергопотреблением, что увеличивает себестоимость и ограничивает производительность при серийной обработке. Отклонение от заданных режимов приводит к снижению плотности и адгезии покрытия к подложке, образованию пор, фазовой неоднородности и хрупких слоев. К числу недостатков также относятся перегрев, коробление тонких деталей сложной формы, а также образование трещин и микротрещин в упрочненном слое. Перегрев способствует формированию растягивающих остаточных напряжений, что снижает усталостную прочность, особенно в абразивной среде при циклическом нагружении. При ультразвуковом методе упрочняется только тонкий поверхностный слой ограниченной толщины, поэтому в условиях абразивного износа достигнутый эффект быстро утрачивается.

Целесообразно уделить особое внимание методу электроакустического напыления. Как показали исследования, проведенные в ДГТУ, данная технология является перспективной по своим технико-экономическим показателям и поэтому представляется предпочтительной для повышения износостойкости режущих ножей. В дальнейшем предполагается разработка технологии дискретного упрочнения режущих кромок ножей сельскохозяйственной техники.

#### Список литературы

1. Шаповалов В.И. Гибкие устройства к зерноуборочному комбайну для укладки соломы в валок. *Тракторы и сельхозмашины*. 1987;(5):53–58.

2. Белашова И.С., Тарасова Т.В., Петрова Л.Г., Маринин Е.А. Исследование процессов лазерного упрочнения коррозионно-стойких сталей аустенитного класса на примере хромоникелевой стали 12Х18Н10Т (AISI 321). *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия.* 2025;18(8).
3. Мулин Д.О. *Формирование износостойких слоев методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки порошковых композиций.* Новосибирск: НГТУ; 2025.
4. *Структура и свойства ионно-плазменных покрытий систем Ti–Zr–N, Zr–Cr–N, Ti–Cr–N.* Научные труды OSTI (Государственная библиотека научной и технической информации США). 2007.
5. Щипачев А.М., Алжадли Мохаммед. Магнитно-импульсная обработка для повышения прочностных характеристик металла стенки бывших в эксплуатации нефте- и газопроводов. *Известия ТПУ.* 2023;334(5):7–16.
6. *Детонационное напыление - технология и практическое применение.* Новосибирск: СО РАН, Институтгидродинамики им. М. А. Лаврентьева; 1999.
7. Гуреев Д.М. Лазерно-ультразвуковое упрочнение поверхности стали. *Квантовая электроника.* 1998;25(1):19. Mathnet. URL: <https://mathnet.ru/php/archive.phtml?wshw=paper&jmid=qe&paperid=1171&option> (дата обращения: 20.03.2026).
8. Сытченко А.Д. Электроискровое легирование как способ обработки металлических поверхностей. В: *Сборник научных трудов: 4-й Международной молодежной научной конференции «Юность и знания - гарантия успеха–2017» 27–28 сентября 2017 года,* Курск, Закрытое акционерное общество "Университетская книга"; 2017. С 151–154.
9. Симонов Д.С. *Ультразвуковое упрочнение стальных деталей машин;* 2020.
10. Лебедев В.А., Кочетов А.Н., Кудряшев С.Б., Науменко В.А. Применение метода электроакустического напыления для получения прогнозируемых нанокристаллических структур. В: *Сборник трудов XVI международной научно-технической конференции. XVI Международная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии машиностроения, авиации и транспорта» г. Ростов-на-Дону, с 24–29 сентября 2024 года.* г. Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет; 2024. С. 363–371.

**Об авторах:**

**Виталий Леонидович Бабин**, аспирант кафедры «Технология машиностроения» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [vitosbabin@gmail.com](mailto:vitosbabin@gmail.com)

**Валерий Александрович Лебедев**, кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [va.lebidev@yandex.ru](mailto:va.lebidev@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

**About the Authors:**

**Vitaly L. Babin**, Postgraduate Degree Student of the Mechanical Engineering Technology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [vitosbabin@gmail.com](mailto:vitosbabin@gmail.com);

**Valery A. Lebedev**, Cand.Sci. (Engineering), Professor of the Mechanical Engineering Technology Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [va.lebidev@yandex.ru](mailto:va.lebidev@yandex.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 543.27-8

### Применение мультисенсорной системы для формирования цифровых отпечатков порчи пищевых продуктов в задачах агропромышленного комплекса

М.М. Сябро, М.К. Суханов, Н.В. Лимаренко, М.О. Голубенко, Е.А. Щербакова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Представлены результаты формирования цифровых отпечатков летучих органических соединений, выделяемых коровьим молоком в процессе порчи, с использованием мультисенсорной системы на основе полупроводниковых сенсоров серии MQ. Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания доступных инструментов экспресс-диагностики, отвечающих задачам импортозамещения и интеллектуализации контроля качества пищевых продуктов и воздушной среды в агропромышленном комплексе. В качестве тестовой модели использовано молоко, для которого выделены три характерные стадии порчи: свежее состояние, начальная стадия скисания и глубокая порча. На основе полученных данных сформированы цифровые отпечатки для каждого состояния коровьего молока, визуализированные в виде лепестковых диаграмм. Установлено, что каждая стадия характеризуется уникальной геометрической конфигурацией, что позволяет использовать получаемые диаграммы для автоматической классификации состояния продукта. Практическая значимость метода подтверждается возможностью его применения для экспресс-идентификации стадий порчи коровьего молока в процессе хранения и транспортировки.

**Ключевые слова:** мультисенсорная система, электронный нос, полупроводниковые сенсоры, цифровой отпечаток, контроль качества, экспресс-анализ

**Для цитирования.** Сябро М.М., Суханов М.К., Лимаренко Н.В., Голубенко М.О., Щербакова Е.А. Применение мультисенсорной системы для формирования цифровых отпечатков порчи пищевых продуктов в задачах агропромышленного комплекса. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):58–62.

### Using a Multisensor System for Generating Digital Footprints of Spoiled Food Products to Solve the Objectives of Agro-Industrial Complex

Margarita M. Syabro, Maksim K. Sukhanov, Nikolai V. Limarenko, Maria O. Golubenko, Elena A. Shcherbakova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The results of generating digital footprints of volatile organic compounds released by cow milk during spoilage using a multisensor system based on MQ series of semiconductor sensors have been presented. The relevance of the study is underpinned by the need to create the accessible rapid diagnostic tools that meet the challenges of import substitution and smartification of food and air quality control in the agro-industrial complex. Milk was chosen as a test model, and three characteristic stages of its spoilage were determined: fresh stage, initial stage of milk souring and deep spoilage stage. Based on the obtained data, digital footprints were generated for each stage of cow milk spoilage and visualized in the form of radar charts. It has been established that each stage is characterized by a unique geometric configuration, allowing the resulting charts to be used for automatic classification of product conditions. The practical significance of the method is confirmed by its applicability for rapid identification of spoilage stages in cow milk during storage and transportation.

**Keywords:** multisensor system, electronic nose, semiconductor sensors, digital footprint, quality control, rapid test

**For Citation.** Syabro MM, Sukhanov MK, Limarenko NV, Golubenko MO, Shcherbakova EA. Using a Multisensor System for Generating Digital Footprints of Spoiled Food Products to Solve the Objectives of Agro-Industrial Complex. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):58–62.

**Введение.** Вопросы контроля качества пищевых продуктов, мониторинга воздушной среды в животноводческих помещениях и обеспечения экологической безопасности относятся к числу приоритетных направлений реализации государственной политики в сфере развития агропромышленного комплекса Российской Федерации. Правовое регулирование указанных направлений осуществляется в соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 21.01.2020 № 20) и Стратегией развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 8 сентября 2022 г. № 2567-р).

Традиционные методы контроля качества пищевой продукции, включая газовую хроматографию и масс-спектрометрию, характеризуются высокой точностью, однако требуют сложной пробоподготовки, использования дорогостоящего оборудования и привлечения высококвалифицированного персонала, что существенно ограничивает возможности их применения в режиме непрерывного мониторинга в логистических центрах и животноводческих помещениях. Практика показывает, что для решения задач экспресс-оценки свежести продукции и контроля состава воздушной среды более перспективным представляется использование мультисенсорных систем типа «электронный нос». Показана возможность создания мультисенсорных систем типа «электронный нос» на основе стандартных датчиков [1] и их применения для идентификации летучих органических соединений, выделяемых пищевыми продуктами, в частности для определения качества мясных продуктов [2], состава колбасных изделий [3], хлебобулочной продукции [4], молочных продуктов [5], а также рыбы [6]. Вместе с тем существующие решения не в полной мере учитывают необходимость коррекции показаний в условиях переменного микроклимата, характерного для рефрижераторов и животноводческих помещений. Несмотря на широкий круг исследований в области анализа газовых сред, включая работы по формированию и визуализации аналитического сигнала [7], анализу динамики сигналов мультисенсорной системы [8], исследованию ее производительности при решении задач экологического мониторинга [9], а также обработке данных и получению новой информации на основе многомерных сигналов [10], в настоящее время сохраняется дефицит систематизированных сведений о формировании паттернов откликов, соответствующих различным стадиям порчи пищевых продуктов, на основе доступных сенсорных элементов.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью создания доступного инструмента экспресс-диагностики состояния пищевых продуктов и воздушной среды, отвечающего задачам импортозамещения и интеллектуализации контроля.

Цель исследования — разработка метода формирования цифровых отпечатков летучих органических соединений, выделяемых пищевыми продуктами в процессе порчи, на основе применения мультисенсорной системы, включающей полупроводниковые сенсоры.

**Материалы и методы.** Объектом исследования являются летучие органические соединения, выделяемые пищевыми продуктами в процессе хранения и порчи. Предмет исследования — паттерны откликов мультисенсорной системы, соответствующие различным стадиям порчи молока.

Концептуальной основой работы является «электронный нос» — мультисенсорная система, реализующая механизмы, аналогичные обонятельной системе млекопитающих. Принцип ее действия основан на том, что каждая газовая среда формирует уникальный паттерн откликов массива сенсоров, который после соответствующей обработки позволяет идентифицировать состояние объекта. Для регистрации откликов использована конфигурация экспериментального стенда, включающая массив из четырех полупроводниковых сенсоров серии MQ и датчик температуры и влажности DHT22, предназначенный для коррекции показаний. Сенсор MQ-2 предназначен для детекции пропана, метана и дыма, MQ-3 чувствителен к парам спирта и этанола, MQ-136 ориентирован на выявление сероводорода, MQ-137 реагирует на аммиак. Блок-схема экспериментального стенда представлена на рис. 1.



Рис. 1. Блок-схема экспериментального стенда

Для обеспечения устойчивости формируемых паттернов к аппаратным погрешностям и воздействию внешних факторов применяется метод представления сигналов в процентах от фонового значения, полученного при калибровке на чистом воздухе. Данный подход позволяет нивелировать разброс характеристик отдельных датчиков и компенсировать влияние температуры и влажности, что имеет принципиальное значение при эксплуатации системы в реальных условиях, в частности в автомобильных рефрижераторах и животноводческих помещениях с переменным микроклиматом [11].

**Результаты и обсуждение.** В качестве тестового объекта выбрано коровье молоко. Выделены три характерные стадии его порчи: свежее состояние, начальная стадия скисания (молочнокислородное брожение), глубокая порча (распад белков). В ходе проведенного исследования сформированы цифровые отпечатки трёх стадий порчи молока на основе концентраций целевых газов, полученных с использованием мультисенсорного массива (таблица 1). Для каждой стадии установлены диапазоны концентраций (ppm) газов, регистрируемых каждым сенсором в соответствии с его чувствительностью к целевым компонентам газовой среды.

Таблица 1

Показания датчиков при разных степенях порчи коровьего молока

Сенсор	Целевые газы	Чувствительность (ppm)	Свежее молоко (ppm)	Начало скисания (ppm)	Прокисшее молоко (ppm)
MQ-2	Пропан, метан, дым	200–5 000	0	5–15	15–50
MQ-3	Пары спирта, этанол	25–5 000	0	50–200	200–1000
MQ-136	Сероводород (H <sub>2</sub> S)	1–200	0	50–200	1–20
MQ-137	Аммиак (NH <sub>3</sub> )	5–500	0	0–5	5–100

Свежее молоко характеризуется концентрациями детектируемых газов ниже минимального порога чувствительности используемых сенсоров, что не позволяет однозначно зарегистрировать их присутствие. Начальная стадия скисания, обусловленная молочнокислым брожением, сопровождается увеличением концентрации этанола до 50–200 ppm при незначительном содержании углеводов и фоновых значениях сероводорода и аммиака. Прокисшее молоко формирует сложный цифровой отпечаток, характеризующийся максимальными концентрациями этанола (200–1000 ppm), а также появлением аммиака (5–100 ppm) и сероводорода (1–20 ppm), что связано с распадом белков.

Для наглядного представления различий между стадиями порчи молока были построены лепестковые диаграммы, отражающие значения откликов газовых датчиков, выраженные в процентах от фонового уровня (рис. 2).

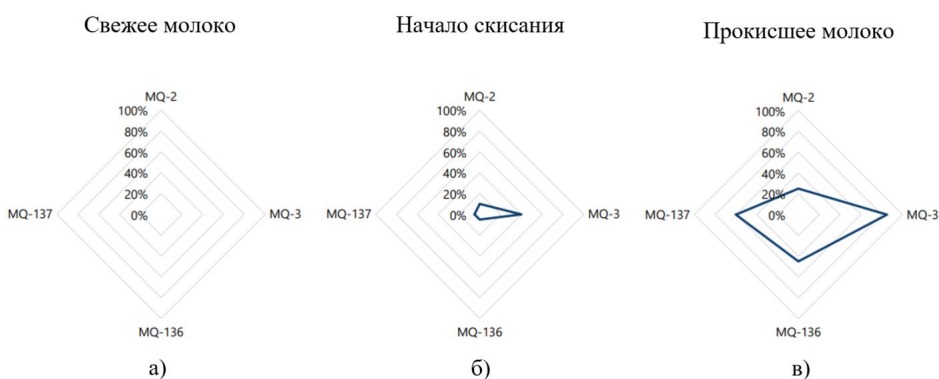


Рис. 2. Цифровые отпечатки различных стадий порчи молока

На рис. 2, а представлена лепестковая диаграмма для свежего молока. Все четыре оси имеют нулевые значения, поскольку концентрации летучих соединений находятся ниже порога чувствительности сенсоров.

Лепестковая диаграмма для стадии начала скисания (рис. 2, б) демонстрирует выраженную асимметрию. Наблюдается существенное увеличение концентрации спиртов до 40% и общее незначительное повышение фоновых значений. Такая форма диаграммы наглядно отражает доминирование процессов молочнокислородного брожения, при которых основным маркерным соединением выступает этанол.

Для стадии прокисшего молока (рис. 2, в) характерна наиболее сложная конфигурация лепестковой диаграммы. Значения по всем четырём осям достигают существенных величин. Графически это выражается в виде развёрнутой фигуры, занимающей наибольшую площадь среди всех рассмотренных состояний. Такая форма диаграммы отражает сложный состав газовой среды, обусловленный одновременным протеканием процессов брожения и распада белков, сопровождающихся выделением этанола, аммиака и сероводорода.

Полученные визуальные паттерны могут быть использованы для экспресс-идентификации состояния продукта при разработке систем автоматической классификации.

Практическая значимость разработанного метода формирования цифровых отпечатков подтверждается возможностью его применения для экспресс-идентификации стадий порчи коровьего молока в процессе хранения и транспортировки. К преимуществам предложенного подхода относятся автоматизация анализа, высокая скорость получения результата и портативность системы, что соответствует задачам импортозамещения в области интеллектуализации контроля качества и безопасности пищевой продукции.

**Заключение.** В результате проведённого исследования получены следующие результаты:

– на основе анализа информационных источников и экспериментальных данных сформированы цифровые отпечатки для трёх стадий порчи молока, характеризующиеся уникальными паттернами откликов полупроводниковых сенсоров;

– используемый метод визуализации в виде лепестковых диаграмм позволяет однозначно идентифицировать стадию порчи продукта и может быть использован в качестве основы для систем автоматической классификации;

– определены перспективные области практического применения разработанного подхода, включая пищевую промышленность, логистику, животноводство и экологический мониторинг.

Перспективы дальнейших исследований связаны с экспериментальной валидацией получаемых значений, уточнением характеристик сенсорного массива применительно к решаемым задачам, а также с интеграцией алгоритмов машинного обучения для автоматической классификации состояний на основе формируемой базы цифровых отпечатков.

#### Список литературы

1. Мартынюк Ю.П., Подосенов М.А. Электронный нос на базе стандартных датчиков газа. Актуальные проблемы теории и практики электрохимических процессов. В: *Сборник материалов V Международной научной конференции молодых ученых, Энгельс, 25–28 апреля 2023 года*. Энгельс: Энгельский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»; 2023. С. 178–181.

2. Козырев И.А. Мультисенсорная система «электронный нос» для определения качества мясных продуктов в процессе хранения. *Пищевые системы*. 2021;4(3S):116–121. URL: [https://vniimp.ru/netcat\\_files/928/1173/Pischevye\\_sistemy\\_3S\\_2021\\_28\\_Kozyrev\\_Ok\\_Pravki.pdf](https://vniimp.ru/netcat_files/928/1173/Pischevye_sistemy_3S_2021_28_Kozyrev_Ok_Pravki.pdf) (дата обращения: 05.03.2026).

3. Лисицын А.А., Ревуцкая Н.М. Сравнительное исследование аромата сосисок с добавлением и без добавления красителя бетанина с помощью электронного носа. Пищевые инновации и биотехнологии. В: *Сборник тезисов XIII Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 21 апреля 2025 года*. Кемерово: Кемеровский государственный университет; 2025. С. 280–282.

4. Зюзина С.С., Щелкова М.Д., Рысмухамбетова Г.Е., Вавилова Н.И., Кучменко Т.А. и др. Использование мультисенсорной системы «электронный нос» для определения аромата безглютенового бисквита с добавлением кэроба. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания*. 2024;(4):32–39. <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2024-4-32-39>

5. Образцова Д.В., Глотова И.А., Кучменко Т.А., Умарханов Р.У. Применение методологии «Электронный нос» для исследования равновесной газовой фазы сливочного масла. В: *Труды 76-й национальной научно-практической конференции студентов и магистрантов «Молодежный вектор развития аграрной науки», Воронеж, 14 февраля – 31 марта 2025 года*. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет; 2025. С. 20–24.

6. Дворянинова О.П., Соколов А.В., Ряднов С.С. Использование мультисенсорной системы "электронный нос" для оценки качества мяса тилапии различных производителей. Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение. В: *Сборник научных статей и докладов VII Международной научно-практической конференции, Воронеж, 10 декабря 2020 года*. ВГУИТ. Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий; 2021. С. 337–343.

7. Шишкин А.В., Юдин Н.А., Кочетова Ж.Ю. Формирование и визуализация аналитического сигнала «электронного носа». Химические проблемы современности 2023. В: *Сборник материалов VII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Донецк, 16–18 мая 2023 года*. Донецк: Донецкий национальный университет; 2023. С. 42–45.

8. Мигранова В.Р., Стрелкова Е.А., Юмашев Д.С. Анализ динамики «запаховых» сигналов на основе производных токов многоканального «электронного носа». Мавлютовские чтения. В: *Материалы XIX Всероссийской молодёжной научной конференции. В 8-ми томах, Уфа, 24–28 ноября 2025 года.* Уфа: Уфимский университет науки и технологий; 2025. С. 489–492.

9. Сатыбалдина Д., Исайнова А., Альсеитов О. и др. Создание газоаналитической мультисенсорной системы типа «электронный нос» и исследование её производительности для задач Экологического мониторинга. *Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева.* 2023;125(2):315–323. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2023-125-2-315-323>

10. Копаев А.Ю., Мураховский И.А., Кучменко Т.А. Интенсификация обработки данных и получение новой информации по многомерным сигналам "электронного носа". *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий.* 2020;82(1):247–251. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-1-247-251>

11. Сябро М.М., Лимаренко Н.В. Обоснование использования электронных ольфактометров при оценке безопасности перевозок пищевых продуктов. Автомобильный транспорт: эксплуатация, сервис, подготовка кадров. В: *Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 95-летию Университета Яковлева, Чебоксары, 17 апреля 2025 года.* Чебоксары: Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева; 2025. С. 140–145.

**Об авторах:**

**Маргарита Михайловна Сябро**, магистрант кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [syabro.margo@mail.ru](mailto:syabro.margo@mail.ru)

**Максим Константинович Суханов**, магистрант кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [suhanov\\_mk@mail.ru](mailto:suhanov_mk@mail.ru)

**Николай Владимирович Лимаренко**, доктор технических наук, профессор кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

**Мария Олеговна Голубенко**, студент кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

**Елена Алексеевна Щербакова**, студент кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

**About the Authors:**

**Margarita M. Syabro**, Master's Degree Student of the Instrument Making and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation), [syabro.margo@mail.ru](mailto:syabro.margo@mail.ru)

**Maksim K. Sukhanov**, Master's Degree Student of the Instrument Making and Biomedical Engineering Department University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation), [suhanov\\_mk@mail.ru](mailto:suhanov_mk@mail.ru)

**Nikolai V. Limarenko**, Dr.Sci. (Engineering), Professor of the Instrument Making and Biomedical Engineering Department University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation).

**Maria O. Golubenko**, Student of the Instrument Making and Biomedical Engineering Department University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation).

**Elena A. Shcherbakova**, Student of the Instrument Making and Biomedical Engineering Department University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation).

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 331.45:621.873

### Систематизация опасных производственных факторов как инструмент анализа причин аварийности подъемных сооружений

Э.В. Данильченко, С.Л. Пушенко, Е.В. Стасева

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Рассмотрены вопросы аварийности при эксплуатации подъемных сооружений, относящихся к категории объектов повышенной опасности. Выполнен анализ опасных производственных факторов, влияющих на безопасность подъемных сооружений, а также исследованы причины возникновения аварийных ситуаций, включая технические, организационные и связанные с человеческим фактором. Отдельное внимание уделено анализу статистических данных по производственному травматизму при эксплуатации грузоподъемных кранов в разрезе федеральных округов. Проведенное сопоставление показателей позволило выявить различия в уровне аварийности и определить факторы, оказывающие наибольшее влияние на ее формирование. В статье предложен подход к систематизации опасных производственных факторов, основанный на их группировке с учетом характера возникновения и степени воздействия на развитие аварийных ситуаций. Показано, что учет совокупности факторов риска позволяет повысить качество анализа причин аварий и обоснованность принимаемых решений в области промышленной безопасности. Полученные результаты могут быть использованы при разработке мероприятий по снижению аварийности, оценке профессиональных рисков и совершенствованию подготовки персонала, осуществляющего эксплуатацию подъемных сооружений.

**Ключевые слова:** подъемные сооружения, промышленная безопасность, аварийность, опасные производственные факторы, производственный травматизм, классификация факторов риска, анализ аварий, грузоподъемные краны, безопасность труда, управление рисками

**Для цитирования.** Данильченко Э.В., Пушенко С.Л., Стасева Е.В. Систематизация опасных производственных факторов как инструмент анализа причин аварийности подъемных сооружений. *Молодой исследователь Дона.* 2026;11(3):63–68.

### Systematization of Hazardous Industrial Production Factors as a Tool to Analyse the Causes of Accidents in Lifting Facilities

Eduard V. Danilchenko, Sergey L. Pushenko, Elena V. Staseva

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article studies the accident rate issues in lifting facilities, which refer to the category of high-risk facilities. The analysis of hazardous industrial production factors affecting the safety of lifting facilities was carried out, and the causes inducing emergence of accidents were investigated, including the technical, organisational and human-factor related ones. Special attention was paid to the analysis of the statistical data across the federal districts on the occupational injuries during the operation of load-lifting cranes. The comparison of indicators made it possible to distinguish the differences in the accident rate and determine the factors affecting it to the greatest extent. The article proposes the approach to systematization of hazardous industrial production factors based on their grouping by the nature of accident emergence and degree of impact on accident involvement. It has been shown that comprehensive consideration of risk factors makes it possible to improve the quality of accident cause analysis and enhances the expediency of industrial safety decisions. The results obtained can be used for developing measures on reduction of accident rate, assessment of occupational risks, and improvement of training of the personnel involved in operation of lifting facilities.

**Keywords:** lifting facilities, industrial safety, accident rate, hazardous production factors, occupational injuries, classification of risk factors, analysis of accidents, load-lifting cranes, occupational safety, risk management

**For Citation.** Danilchenko EV, Pushenko SL, Staseva EV. Systematization of Hazardous Industrial Production Factors as a Tool to Analyse the Causes of Accidents in Lifting Facilities. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):63–68.

**Введение.** Подъемные сооружения широко применяются при выполнении погрузочно-разгрузочных, монтажных и транспортных операций, а также при обслуживании технологического оборудования. Они используются в строительстве, металлургии, машиностроении, на складских комплексах и в транспортно-логистической сфере, что обуславливает их значимую роль в обеспечении непрерывности производственных процессов. Несмотря на активное внедрение современных технических средств безопасности, автоматизацию процессов управления и совершенствование нормативной базы, уровень аварийности при эксплуатации подъемных сооружений остается значительным [1]. Это обусловлено тем, что эксплуатация данных технических устройств сопровождается воздействием множества факторов, имеющих различную природу и проявляющихся в различных сочетаниях.

Особенностью аварийности является ее многофакторный характер. Как показывает практика расследования аварий, в большинстве случаев происшествия не являются следствием одной причины, а формируются в результате наложения нескольких факторов. В таких условиях традиционные подходы к анализу аварий оказываются недостаточно эффективными.

В связи с этим возникает необходимость разработки системного подхода, позволяющего учитывать взаимосвязь факторов риска. Одним из таких подходов является систематизация опасных производственных факторов, которая позволяет структурировать информацию и использовать ее при анализе аварийности.

Анализ производственных факторов. Опасные производственные факторы при эксплуатации подъемных сооружений характеризуются разнообразием и неоднородностью. Их влияние может проявляться как непосредственно, так и опосредованно, через создание условий для возникновения аварийной ситуации [1]. Основные группы опасных производственных факторов и их характеристика представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные группы опасных производственных факторов и их характеристика

Группа факторов	Содержание (характер проявления)	Возможные последствия
Механические	Движущиеся части машин, перемещаемые грузы, падение предметов	Травмы, гибель работников, разрушения конструкций
Технические	Износ оборудования, дефекты металлоконструкций, отказ систем безопасности	Поломки, аварии, обрушения сооружений
Эксплуатационные	Перегрузка, нарушение режимов работы, неправильное использование	Повреждение оборудования, аварии
Организационные	Нарушение инструкций, недостаточный контроль, ошибки управления	Рост аварийности, травматизм
Природные	Ветер, осадки, температура	Потеря устойчивости, опрокидывание
Человеческий фактор	Ошибки персонала, низкая квалификация, усталость	Неправильные действия, аварии

Особую роль играют механические факторы, связанные с движением элементов оборудования и перемещением грузов. Эти факторы являются наиболее травмоопасными, поскольку непосредственно связаны с риском получения тяжелых травм или летального исхода [2].

В то же время не менее значимыми являются организационные факторы, которые зачастую выступают в роли «пускового механизма» аварий. К ним относятся недостаточный контроль, нарушения регламентов и несоблюдение требований безопасности.

Эксплуатационные факторы, такие как перегрузка оборудования и нарушение технологических режимов, также оказывают существенное влияние на вероятность возникновения аварий.

**Причины аварийности.** Анализ причин аварийности при эксплуатации подъемных сооружений показывает, что возникновение аварийных ситуаций, как правило, обусловлено совокупным воздействием нескольких факторов. Практика расследования происшествий свидетельствует о том, что изолированное действие одного фактора встречается редко, а аварии чаще формируются при сочетании технических неисправностей, нарушений требований эксплуатации и ошибок персонала [3].

Согласно материалам государственных докладов о состоянии промышленной безопасности, публикуемых Ростехнадзором, значительная часть аварий связана с неудовлетворительным техническим состоянием оборудования и нарушением требований нормативной документации при его эксплуатации.

Технические причины включают износ металлоконструкций, отказ приборов безопасности, а также несвоевременное проведение технического обслуживания. Вместе с тем наличие технической неисправности не всегда приводит к аварии. В большинстве случаев ее реализация становится возможной при наличии сопутствующих организационных нарушений.

Организационные причины являются следствием недостаточного контроля за соблюдением требований безопасности, нарушения регламентов эксплуатации, а также недостаточной эффективности производственного контроля.

Особое значение имеет человеческий фактор. Ошибки операторов, как правило, связаны с недостаточным уровнем подготовки, нарушением инструкций и снижением внимания в процессе работы. В ряде случаев именно действия персонала становятся решающим элементом в развитии аварийной ситуации [4].

Таблица 2

Основные причины аварийности подъемных сооружений

Группа причин	Характер проявления	Типичные примеры
Механические	Воздействие движущихся элементов и грузов	Падение груза, защемления
Технические	Неисправности и износ оборудования	Разрушение металлоконструкций
Организационные	Нарушение требований эксплуатации	Несоблюдение инструкций
Человеческий фактор	Ошибки персонала	Неправильные действия оператора
Природные	Внешние условия эксплуатации	Ветер, температура

Анализ статистических данных по производственному травматизму и материалов расследования аварий при эксплуатации грузоподъемных кранов позволяет выявить особенности аварийности и оценить влияние различных факторов [5].

В качестве информационной базы использованы обобщенные статистические материалы, представленные в государственных докладах Ростехнадзора [6], а также данные по распределению несчастных случаев в разрезе федеральных округов [1, 2].

Анализ статистических данных и материалов расследования аварий позволяет выявить закономерности распределения аварийности и оценить влияние различных факторов [7]. Результаты анализа представлены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели травматизма при эксплуатации грузоподъемных кранов по федеральным округам

Федеральный округ	Количество грузоподъемных кранов, ед.	Несчастные случаи (всего)	Несчастные случаи (на кранах)	Коэффициент травматизма со смертельным исходом
Центральный федеральный округ	52 986	12	10	0,189
Северо-Западный федеральный округ	23 750	6	4	0,168
Южный федеральный округ	23 882	3	2	0,084
Приволжский федеральный округ	48 295	15	10	0,207
Уральский федеральный округ	41 471	9	7	0,169
Сибирский федеральный округ	34 717	13	13	0,375
Дальневосточный федеральный округ	12 822	6	6	0,466

Проведенный анализ показывает, что уровень травматизма существенно различается по федеральным округам. Наиболее высокие значения коэффициента травматизма со смертельным исходом наблюдаются в Дальневосточном и Сибирском федеральных округах.

При этом следует отметить, что высокий уровень аварийности фиксируется не только в регионах с наибольшим количеством эксплуатируемого оборудования, но и при сравнительно меньшем его количестве. Это свидетельствует о значительном влиянии организационных условий эксплуатации, уровня производственного контроля и подготовки персонала. Распределение коэффициента травматизма со смертельным исходом при эксплуатации грузоподъемных кранов по федеральным округам представлено на рис. 1 [7].

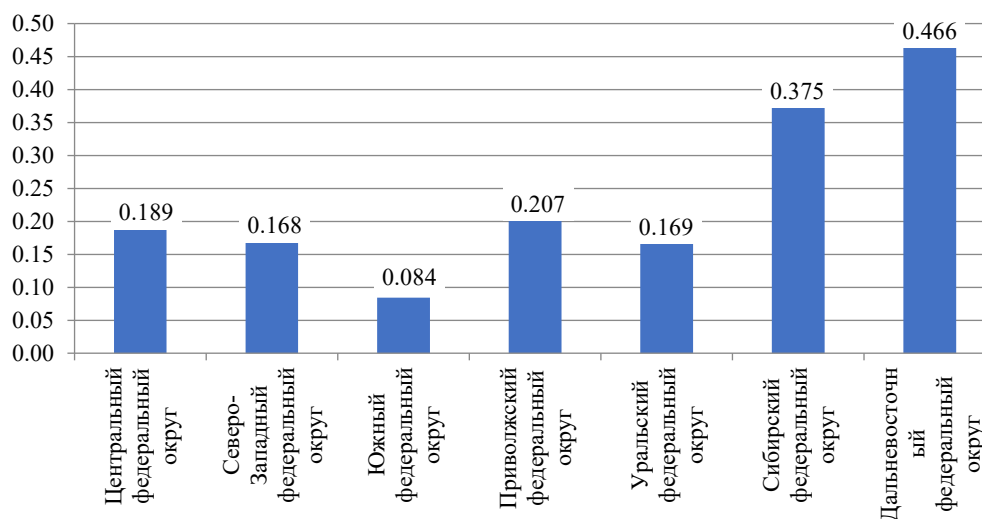


Рис. 1. Распределение коэффициента травматизма со смертельным исходом по федеральным округам

**Систематизация факторов.** Предложенная систематизация опасных производственных факторов основана на принципе комплексного учета условий эксплуатации подъемных сооружений. В отличие от традиционных подходов, при которых факторы рассматриваются отдельно, в данном случае акцент сделан на их взаимосвязи и совместном влиянии на формирование аварийных ситуаций.

Практика эксплуатации и результаты анализа происшествий показывают, как правило, что опасная ситуация формируется при сочетании нескольких неблагоприятных условий, например, технической неисправности оборудования и одновременного нарушения требований безопасности со стороны персонала. В этой связи представляется целесообразным рассматривать факторы не только по их природе, но и с точки зрения их взаимодействия.

В рамках предложенной систематизации выделены основные группы факторов: механические, технические, организационные, а также факторы, связанные с действиями персонала и внешними условиями эксплуатации (рис. 2). При этом каждая из групп может выступать как самостоятельная причина, так и элемент совокупного воздействия, усиливающего вероятность возникновения аварийной ситуации при эксплуатации подъемных сооружений.



Рис. 2. Систематизация опасных производственных факторов

Представленная на рис. 2 схема наглядно отображает взаимосвязь между различными группами факторов и позволяет рассматривать процесс возникновения аварийных ситуаций как результат их совместного действия. Использование данной систематизации при анализе аварийности дает возможность структурировать информацию о причинах происшествий и повысить обоснованность разрабатываемых профилактических мероприятий.

**Заключение.** Проведенное исследование причин возникновения аварий подтвердило, что аварийность подъемных сооружений является результатом комплексного воздействия факторов различной природы. Наиболее значимыми являются технические, механические и организационные факторы, влияние человеческого фактора также остается существенным.

Разработанная систематизация учитывает характер возникновения и степень воздействия опасных производственных факторов на развитие аварийных ситуаций, что позволяет перейти от описательного анализа причин аварийности подъемных сооружений к их структурированному исследованию и повысить обоснованность принимаемых решений в области промышленной безопасности.

Результаты исследования могут быть использованы при обучении персонала, эксплуатирующего подъемные сооружения, оценке профессиональных рисков и разработке мероприятий по предупреждению аварийности и травматизма.

### Список литературы

1. *О состоянии промышленной безопасности в Российской Федерации в 2022 году: государственный доклад.* Москва: Ростехнадзор; 2023. URL: <https://gosnadzor.ru> (дата обращения: 15.03.2026).
2. *О состоянии промышленной безопасности в Российской Федерации в 2021 году: государственный доклад.* Москва: Ростехнадзор; 2022. URL: <https://gosnadzor.ru> (дата обращения: 15.03.2026).
3. *Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения».* Москва: Ростехнадзор; 2020. URL: <https://gosnadzor.ru> (дата обращения: 15.03.2026).
4. Стасева Е.В., Савченко А.А., Сулова Т.А. Сравнительный анализ условий труда машинистов на строительной площадке. *Молодой исследователь Дона.* 2020;(3(24)):72–76. URL: [https://mid-journal.ru/upload/mid/iblock/59e/14\\_1115-Staseva\\_72\\_76.pdf](https://mid-journal.ru/upload/mid/iblock/59e/14_1115-Staseva_72_76.pdf) (дата обращения: 15.03.2026).
5. Пушенко С.Л., Гапонов В.Л., Кукарко В.А. Анализ производственного травматизма в строительной индустрии и пути его снижения. *Безопасность техногенных и природных систем.* 2022;(2):24–30. <https://doi.org/10.23947/2541-9129-2022-2-24-30>
6. *Анализ состояния промышленной безопасности при эксплуатации подъемных сооружений.* Ростехнадзор. URL: <https://gosnadzor.ru> (дата обращения: 15.03.2026).
7. Сиротенко А.С. Промышленная безопасность. *Современные научные исследования и инновации.* 2017;(1). URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/01/76792> (дата обращения: 08.02.2026).

### Об авторах:

**Эдуард Вадимович Данильченко**, аспирант кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [eikd@bk.ru](mailto:eikd@bk.ru)

**Сергей Леонардович Пушенко**, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [slpushenko@yandex.ru](mailto:slpushenko@yandex.ru)

**Елена Владимировна Стасева**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [elena\\_staseva@mail.ru](mailto:elena_staseva@mail.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

### About the Authors:

**Eduard V. Danilchenko**, Postgraduate Degree Student of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [eikd@bk.ru](mailto:eikd@bk.ru)

**Sergey L. Pushenko**, Dr.Sci. (Engineering), Head of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation). [slpushenko@yandex.ru](mailto:slpushenko@yandex.ru)

**Elena V. Staseva**, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [elena\\_staseva@mail.ru](mailto:elena_staseva@mail.ru)

***Conflict of Interest Statement:*** the authors declare no conflict of interest.

***All authors have read and approved the final manuscript.***

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.313.333.004.5.001.24

### Обзор методов диагностики асинхронного двигателя

**М.Г. Дольников**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Асинхронные двигатели являются основными преобразователями электрической энергии в механическую в промышленности и сельском хозяйстве. Отказы этих машин приводят к значительным экономическим потерям, поэтому своевременная диагностика неисправностей является актуальной задачей. Цель данной работы — систематизировать современные методы диагностики асинхронных двигателей на основе анализа литературных данных и матрицы соответствия методов и неисправностей. Рассмотрены около 60 методов, классифицированных по физическим принципам: электрические, вибрационные, магнитные, тепловые, акустические, методы обработки сигналов и искусственного интеллекта. Приведены данные о применимости методов к различным видам неисправностей. Практическая значимость работы заключается в облегчении выбора методов диагностики для конкретных условий эксплуатации и типов повреждений.

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, неисправности, методы диагностики, обзор, классификация

**Для цитирования.** Дольников М.Г. Обзор методов диагностики асинхронного двигателя. *Молодой исследователь Дона.* 2026;11(3):69–81.

### Review of Induction Motor Diagnostic Methods

**Maksim G. Dolnikov**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

In industrial and agricultural sectors, the induction motors are deemed to be the basic converters of electrical energy into the mechanical one. Failures of these motors cause significant economic losses, therefore timely fault diagnostics is a relevant objective. The aim of the article is to systematize modern diagnostic methods used with the induction motors by analysing literature sources and compiling a fault signature matrix. Approximately 60 methods classified by physical principles have been studied: electrical, vibration, magnetic, thermal, acoustic, signal processing, and artificial intelligence methods. Data on the applicability of the methods to various types of faults have been provided. The practical significance of the article lies in facilitating the choice of a diagnostic method for the definite operating conditions and fault type.

**Keywords:** induction motor, faults, diagnostic methods, review, classification

**For Citation.** Dolnikov MG. Review of Induction Motor Diagnostic Methods. *Young Researcher of Don.* 2026;11(3):69–81.

**Введение.** Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (АД) составляют основу электропривода большинства промышленных установок, насосов, вентиляторов, конвейеров и другого оборудования. Надёжность их работы напрямую влияет на непрерывность технологических процессов. По статистике, около 30 % отказов электродвигателей происходит из-за неисправностей подшипников, примерно 45 % – из-за повреждений обмотки статора (межвитковые замыкания, пробой изоляции), 10 % и 15 % – из-за обрыва стержней ротора и других механических дефектов соответственно [1]. Своевременное обнаружение зарождающихся дефектов позволяет предотвратить аварийные остановки, снизить затраты на ремонт и повысить безопасность.

За последние десятилетия разработано множество методов диагностики, основанных на анализе различных физических полей и параметров двигателя: тока, напряжения, вибрации, магнитного потока, температуры, акустических сигналов, частичных разрядов и др. Многие из них требуют применения сложной вычислительной

техники и алгоритмов обработки сигналов, включая методы машинного обучения. В данной статье представлен обобщённый обзор методов диагностики АД на основе матрицы соответствия между типами неисправностей и методами диагностики (далее матрица соответствия).

**Матрица соответствия типов неисправностей и методов диагностики**

Для систематизации большого количества рассмотренных методов и наглядного представления их применимости к различным видам неисправностей была разработана матрица соответствия. Такая матрица позволяет не только оценить степень изученности каждого типа дефекта, но и выявить наиболее универсальные методы диагностики, а также обнаружить «белые пятна» – сочетания неисправностей и методов, которые остаются недостаточно исследованными. Поскольку в матрице соответствия используется большое количество кратких обозначений методов, в таблице 1 приведены их полные расшифровки для удобства восприятия и однозначной идентификации каждого подхода.

Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором (АД) составляют основу электропривода большинства промышленных установок, насосов, вентиляторов, конвейеров и другого оборудования. Надежность их работы напрямую влияет на непрерывность технологических процессов. По статистике, около 30 % отказов электродвигателей происходит из-за неисправностей подшипников, примерно 45 % — из-за повреждений обмотки статора (межвитковые замыкания, пробой изоляции), 10 % и 15 % — из-за обрыва стержней ротора и других механических дефектов соответственно [1]. Своевременное обнаружение зарождающихся дефектов позволяет предотвратить аварийные остановки, снизить затраты на ремонт и повысить безопасность.

За последние десятилетия разработано множество методов диагностики, основанных на анализе различных физических полей и параметров двигателя: тока, напряжения, вибрации, магнитного потока, температуры, акустических сигналов, частичных разрядов и др. Многие из них требуют применения сложной вычислительной техники и алгоритмов обработки сигналов, включая методы машинного обучения. В данной статье представлен обобщенный обзор методов диагностики АД на основе матрицы соответствия между типами неисправностей и методами диагностики (далее — матрица соответствия).

**Матрица соответствия типов неисправностей и методов диагностики**

Для систематизации большого количества рассмотренных методов и наглядного представления их применимости к различным видам неисправностей была разработана матрица соответствия. Такая матрица позволяет не только оценить степень изученности каждого типа дефекта, но и выявить наиболее универсальные методы диагностики, а также обнаружить «белые пятна» — сочетания неисправностей и методов, которые остаются недостаточно исследованными. Поскольку в матрице соответствия используется большое количество кратких обозначений методов, в таблице 1 приведены их полные расшифровки для удобства восприятия и однозначной идентификации каждого подхода.

Таблица 1

Краткие обозначения методов для матрицы соответствия

Обозначение	Расшифровка
ACO	Ant Colony Optimization (оптимизация муравьиной колонии)
AE	Autoencoder (автокодировщик)
ANFIS	Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (адаптивная нейро-нечёткая система)
ANN	Artificial Neural Network (искусственная нейронная сеть)
APVA	Advanced Park’s Vector Approach (расширенный векторный метод Парка)
AROMA	Advanced Residual Optimal Mapping Approach (расширенный подход оптимального отображения остатков)
AST	Adaptive Slope Transform (адаптивное наклонное преобразование)
CNN	Convolutional Neural Network (свёрточная нейронная сеть)
CT	Chirplet Transform (чирплет-преобразование)
CWT	Continuous Wavelet Transform (непрерывное вейвлет-преобразование)
DBN	Deep Belief Network (глубокая сеть доверия) – архитектура глубокого обучения, состоящая из нескольких ограниченных машин Больцмана (RBM), используется для классификации.
DFT	Discrete Fourier Transform (дискретное преобразование Фурье)
DTFT	Digital Taylor-Fourier Transform (цифровое преобразование Тейлора–Фурье)

Обозначение	Расшифровка
DWT	Discrete Wavelet Transform (дискретное вейвлет-преобразование)
FFNN	Feed-Forward Neural Network (нейронная сеть прямого распространения)
FPGA	Field-Programmable Gate Array (программируемая вентильная матрица)
ННТ	Hilbert–Huang Transform (преобразование Хильберта–Хуанга)
НТ	Hilbert Transform (преобразование Хильберта)
IRT	Infrared Thermography (инфракрасная термография)
kNN	k-Nearest Neighbor (метод k ближайших соседей)
KF	Kalman’s Filter (фильтр Калмана)
LR	Logistic Regression (логистическая регрессия)
LSTM	Long Short-Term Memory (долгая краткосрочная память)
MATLAB/ Simulink	Моделирование в MATLAB/Simulink
MCCM	Multiple Coupled Circuit Model (модель со связанными контурами)
MCSA	Motor Current Signature Analysis (анализ сигнатуры тока двигателя)
ML	Machine Learning (машинное обучение)
MLP	Multilayer Perceptron (многослойный перцептрон)
MP	Matching Pursuit (метод согласованных преследований)
MPM	Matrices Pensils Method (метод матричных пучков)
MV	Machine Vision (машинное зрение)
NSC	Negative-Sequence Current (обратная последовательность тока)
PCA	Principal Component Analysis (метод главных компонент)
P/F + QSA	Polynomial/Fourier регрессия + QSA
PVA	Park’s Vector Approach (метод вектора Парка)
QEWT	Quaternion Empirical Wavelet Transform (кватернионное эмпирическое вейвлет-преобразование)
QSA	Quaternion Signal Analysis (анализ сигналов на основе кватернионов)
RBM	Restricted Boltzmann Machine (ограниченная машина Больцмана) – генеративная стохастическая нейронная сеть, которая может обучаться распределению вероятностей по набору входных данных.
RF	Random Forest (случайный лес)
RNN	Recurrent Neural Network (рекуррентная нейронная сеть)
SOM	Self-Organizing Map (самоорганизующаяся карта Кохонена)
SPWVD	Smoothed Pseudo Wigner–Ville Distribution (сглаженное псевдораспределение Вигнера–Вилля)
STFT	Short-Time Fourier Transform (кратковременное преобразование Фурье)
SVM	Support Vector Machine (метод опорных векторов)
THD	Total Harmonic Distortion (коэффициент гармонических искажений)
WPT	Wavelet Packet Transform (вейвлет-пакетное преобразование)
WVD	Wigner–Ville Distribution (распределение Вигнера–Вилля)
A3Г	Анализ третьей гармоники токов/напряжений
AAC	Анализ акустических сигналов (звуковых волн)
AB	Анализ вибрации

Обозначение	Расшифровка
АВГТ	Анализ высших гармоник тока
АМП	Анализ магнитного поля
АМТ	Анализ модуляции тока
АЧР	Анализ частичных разрядов
ВрМП	Моделирование вращающегося магнитного поля и энергетических характеристик
ДСТ	Демодуляция сигналов тока
МАР	Моделирование аварийных режимов
САМП	Спектральный анализ магнитного поля (внутреннее или внешнее)
САФТ	Спектральный анализ фазных токов
ЭС	Экспертные системы

Матрица соответствия (таблица 2) составлена на основе около 40 научных статей различного уровня (Scopus, РИНЦ и пр.). В ней символом «1» обозначена способность метода обнаружить соответствующую неисправность. Анализ данной матрицы позволяет количественно оценить, какие дефекты изучены наиболее полно, а какие методы демонстрируют наибольшую универсальность, что служит основой для выбора оптимальной стратегии диагностирования.

Как следует из представленных данных таблицы 2, наибольшее количество методов (38 методов из 65) применимо для диагностики межвитковых замыканий статора, что согласуется с высокой статистической вероятностью данного вида отказа (около 45 % от общего числа повреждений). Обрыв стержней ротора также хорошо детектируется (37 методов), в то время как повреждения подшипников, несмотря на их высокую долю в структуре отказов (около 30 %), выявляются несколько меньшим числом методов (32). Среди рассмотренных подходов наиболее универсальными являются искусственные нейронные сети (ANN, 14 неисправностей из 30 представленных), метод опорных векторов (SVM, 11 методов) и анализ сигнатуры тока двигателя (MCSA, 11 методов), что отражает современный тренд в разработке систем диагностики, направленный на сочетание традиционных методов измерения с интеллектуальными алгоритмами обработки сигналов. В то же время матрица наглядно демонстрирует, что такие неисправности, как замыкание фазы на землю, трёхфазное замыкание, снижение коэффициента мощности и ухудшение магнитной системы, исследованы крайне слабо (единичные методы), что указывает на перспективные направления для дальнейших научных исследований.

Таблица 2

Матрица соответствия методов диагностики и неисправностей

Неисправность	Метод	IRT+MV	AROMA	STFT	CWT	WVD	HHT	AST	CT	MCSA	PVA	ANN	SVM	RF	CNN	ANFIS	Индекс-метод
	Итого	6	2	1	2	1	2	1	2	11	9	14	11	6	6	2	
Перегрузка двигателя	5	1										1					
Обрыв стержня ротора	37								1	1	1	1	1	1	1		
Смешанный эксцентриситет	16	1	1	1	1		1	1	1	1	1						
Межвитковое замыкание статора	38	1	1							1	1	1	1	1	1	1	
Неисправности подшипников	32	1			1		1			1	1	1	1	1	1	1	
Повреждение изоляции	6	1										1	1				

Неисправность	Метод	IRT+MV	AROMA	STFT	CWT	WVD	HHT	AST	CT	MCSA	PVA	ANN	SVM	RF	CNN	ANFIS	Индекс-метод
	Итого	6	2	1	2	1	2	1	2	11	9	14	11	6	6	2	
Короткое замыкание обмотки статора	11	1								1	1	1					
Эксцентриситет воздушного зазора	13					1				1		1	1	1			
Обрыв фазы статора	10										1	1	1				1
Обрыв ключа инвертора	1																1
Плохой контакт (высокое сопротивление)	1																1
Несимметрия напряжения	13									1	1	1	1	1			
Комбинированные неисправности	9											1	1	1	1		
Обрыв кольца ротора	7									1	1						
Замыкание фазы на землю	1																
Межфазное замыкание (без земли)	5																
Замыкание между фазами с землёй	1																
Трёхфазное замыкание	1																
Несимметрия фаз (без обрыва)	8											1					
Старение подшипников	5									1			1		1		
Обрыв фазы	8									1		1	1		1		
Повышенное сопротивление статора	1																
Пониженное/повышенное напряжение	1																
Износ стержней ротора	2																
Трение статора и ротора	2																
Снижение коэффициента мощности	1																
Обнаружение рабочих режимов	7									1	1	1	1				
Дисбаланс ротора	5																
Ухудшение магнитной системы	1																

Неисправность	Метод	IRT+MV	AROMA	STFT	CWT	WVD	ННТ	AST	СТ	MCSA	PVA	ANN	SVM	RF	CNN	ANFIS	Индекс-метод
	Итого	6	2	1	2	1	2	1	2	11	9	14	11	6	6	2	3
Общие отказы АТЭД с КЗР	3											1					

Продолжение таблицы 2

Неисправность	KF	Стат.	WPT + Энтр.	MLP + FPGA	NSC + DWT	LSTM	ID-CNN	THD -анализ	MCCM + ML	DWT	kNN	FFNN	RNN
	1	5	7	1	3	6	8	1	6	7	3	8	1
Перегрузка двигателя													
Обрыв стержня ротора		1	1			1	1		1	1	1	1	
Смешанный эксцентриситет													
Межвитковое замыкание статора	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	
Неисправности подшипников		1					1			1	1	1	1
Повреждение изоляции													
Короткое замыкание обмотки статора										1			
Эксцентриситет воздушного зазора		1							1	1	1	1	
Обрыв фазы статора			1		1	1	1		1			1	
Обрыв ключа инвертора													
Плохой контакт (высокое сопротивление)													
Несимметрия напряжения						1	1		1			1	
Комбинированные неисправности		1				1	1			1			
Обрыв кольца ротора													
Замыкание фазы на землю			1										
Межфазное замыкание (без земли)			1										
Замыкание между фазами с землёй			1										
Трёхфазное замыкание			1										
Несимметрия фаз (без обрыва)					1								
Старение подшипников							1			1			
Обрыв фазы						1	1		1	1			
Повышенное сопротивление статора												1	
Пониженное/повышенное напряжение												1	

Износ стержней ротора													
Трение статора и ротора													
Снижение коэффициента мощности													
Обнаружение рабочих режимов													
Дисбаланс ротора													
Ухудшение магнитной системы													
Общие отказы АТЭД с КЗР													

Продолжение таблицы 2

Неисправность	DBN	SOM	AE	RBM	ACO	LR	QSA	SPWVD + CNN	DTFT + стар.	Wavelet (MP, DWT) + ML	Энтроп. + 2D-анализ	PCA + deg. model	QEWT
	8	1	3	1	1	2	4	2	1	3	1	2	1
Перегрузка двигателя													
Обрыв стержня ротора	1		1				1		1	1	1	1	
Смешанный эксцентриситет													
Межвитковое замыкание статора	1					1	1	1		1			
Неисправности подшипников	1	1	1	1	1	1	1	1		1			1
Повреждение изоляции	1												
Короткое замыкание обмотки статора													
Эксцентриситет воздушного зазора	1		1										
Обрыв фазы статора													
Обрыв ключа инвертора													
Плохой контакт (высокое сопротивление)													
Несимметрия напряжения													
Комбинированные неисправности							1						
Обрыв кольца ротора	1												
Замыкание фазы на землю													
Межфазное замыкание (без земли)													
Замыкание между фазами с землёй													
Трёхфазное замыкание													
Несимметрия фаз (без обрыва)													
Старение подшипников													
Обрыв фазы													
Повышенное сопротивление статора													
Пониженное/повышенное напряжение													

Износ стержней ротора																		1	
Трение статора и ротора	1																		
Снижение коэффициента мощности																			
Обнаружение рабочих режимов	1																		
Дисбаланс ротора																			
Ухудшение магнитной системы																			
Общие отказы АТЭД с КЗР																			

Продолжение таблицы 2

Неисправность	P/F + QSA	DFT	HT	Spiral Projection	Reg. Modeling	AB	MPM	APVA	АМП	АФР	САМП	ААС	Пуск / выбег	tgδ	САФТ	
	2	5	4	2	1	10	1	4	7	5	3	2	2	1	10	
Перегрузка двигателя																1
Обрыв стержня ротора	1	1	1			1	1	1	1		1					1
Смешанный эксцентриситет						1		1	1	1	1					1
Межвитковое замыкание статора		1	1	1		1		1	1	1	1		1			1
Неисправности подшипников		1				1			1			1	1			1
Повреждение изоляции										1				1		
Короткое замыкание обмотки статора						1		1	1	1						1
Эксцентриситет воздушного зазора		1														
Обрыв фазы статора																
Обрыв ключа инвертора																
Плохой контакт (высокое сопротивление)																
Несимметрия напряжения			1			1						1				
Комбинированные неисправности																
Обрыв кольца ротора		1				1										1
Замыкание фазы на землю																
Межфазное замыкание (без земли)									1							1
Замыкание между фазами с землёй																
Трёхфазное замыкание																
Несимметрия фаз (без обрыва)						1										1
Старение подшипников																
Обрыв фазы																
Повышенное сопротивление статора																
Пониженное/повышенное напряжение																
Износ стержней ротора	1															

Неисправность	P/F + QSA	DFT	HT	Spiral Projection	Reg. Modeling	AB	MPM	APVA	АМП	АФР	САМП	ААС	Пуск/ выбег	tgδ	САФТ	
	2	5	4	2	1	10	1	4	7	5	3	2	2	1	10	
Трение статора и ротора						1										
Снижение коэффициента мощности					1											
Обнаружение рабочих режимов			1	1												
Дисбаланс ротора						1			1	1						1
Ухудшение магнитной системы																
Общие отказы АТЭД с КЗР																

Продолжение таблицы 2

Неисправность	АЗГ	ВрМП	ЭС	MATLAB/ Simulink	МАР	АМТ	АВГТ	ДСГ
	2	4	2	5	3	7	2	1
Перегрузка двигателя				1	1			
Обрыв стержня ротора		1		1	1	1	1	1
Смешанный эксцентриситет						1		
Межвитковое замыкание статора	1	1	1	1				
Неисправности подшипников								
Повреждение изоляции								
Короткое замыкание обмотки статора						1		
Эксцентриситет воздушного зазора								
Обрыв фазы статора								
Обрыв ключа инвертора								
Плохой контакт (высокое сопротивление)								
Несимметрия напряжения						1		
Комбинированные неисправности								
Обрыв кольца ротора						1		
Замыкание фазы на землю								
Межфазное замыкание (без земли)	1	1						
Замыкание между фазами с землёй								
Трёхфазное замыкание								
Несимметрия фаз (без обрыва)				1	1	1	1	
Старение подшипников								
Обрыв фазы								
Повышенное сопротивление статора								

Пониженное/повышенное напряжение								
Износ стержней ротора								
Трение статора и ротора								
Снижение коэффициента мощности								
Обнаружение рабочих режимов								
Дисбаланс ротора						1		
Ухудшение магнитной системы		1						
Общие отказы АТЭД с КЗР			1	1				

**Обзор методов диагностики**

Все методы диагностики можно разделить на несколько категорий в зависимости от анализируемого физического процесса. Рассмотрим основные группы.

Электрические методы основаны на анализе токов, напряжений, мощности и их спектральных характеристик. Наиболее распространённым подходом является анализ спектра тока статора (MCSA). Он позволяет выявлять обрывы стержней ротора, эксцентриситет и неисправности подшипников по характерным боковым полосам вокруг основной частоты. Метод широко применяется благодаря простоте измерения с помощью токоизмерительных клещей и высокой информативности [2]. В матрице соответствия (таблица 2) указано, что MCSA применим для большинства неисправностей: обрыв стержня, смешанный эксцентриситет, межвитковые замыкания, несимметрия напряжения и др. Другие электрические методы включают:

- вектор Парка (Park’s Vector Approach, PVA) и его расширенную версию (Extended Park’s Vector Approach, EPVA) [3], которые основаны на анализе векторного представления токов статора и позволяют выявлять несимметрию фаз и межвитковые замыкания;
- анализ высших гармоник тока (АВГТ), оценивающий гармонический состав сигнала и, следовательно, чувствительный к обрыву стержней ротора и несимметрии фаз;
- демодуляцию сигналов тока (ДСТ), выделяющую огибающие тока и потому эффективную при диагностике подшипников;
- анализ модуляции тока (АМТ) — метод обнаружения дефектов ротора;
- спектральный анализ фазных токов (САФТ), близкий к MCSA, но ориентированный на конкретные гармоники [4].

Методы этой группы не требуют установки дополнительных датчиков на двигателе, поскольку часто используют штатные измерительные трансформаторы тока, обладают высокой чувствительностью к электрическим дефектам и позволяют выполнять непрерывный мониторинг в реальном времени. Однако они требуют высокой частоты дискретизации и качественной фильтрации для выделения слабых диагностических признаков, чувствительны к качеству питающего напряжения и нагрузке, а также характеризуются неоднозначностью интерпретации спектров при одновременном наличии нескольких дефектов.

Вибрация — один из наиболее информативных параметров для диагностики механических дефектов: дисбаланса, несоосности, износа подшипников, ослабления креплений. Вибродиагностика включает:

- анализ вибрации (АВ) — измерение общего уровня и спектра виброскорости, виброускорения;
- спектральный анализ вибраций (САВ) — выявление частотных составляющих, характерных для конкретных дефектов [5].

В таблице 2 вибрационные методы отмечены для неисправностей подшипников, дисбаланса ротора, смешанного эксцентриситета, нарушения центровки. Методы данной группы обеспечивают прямое отображение механического состояния основных узлов двигателя, хорошо стандартизированы (ISO 10816, ГОСТ ИСО 20816) и позволяют локализовать дефект с высокой точностью. Тем не менее, вибрационные методы имеют ряд недостатков. К ним можно отнести методы неспособны обнаружить неисправность на ранней стадии, т.к. в таком случае сигнал имеет малую амплитуду, вследствие чего датчики не способны почувствовать сигнал; существует необходимость изолирования датчика от внешних сигналов вибрации, т.к. внешние вибрации вносят дополнительный шум, что снижает точность диагностики и увеличивает время обработки при использовании алгоритмов фильтрации.

Методы, основанные на анализе магнитного поля двигателя, позволяют получать информацию о состоянии ротора, статора и воздушного зазора. Суть подхода заключается в измерении магнитного поля внутри или снаружи двигателя с помощью катушек или датчиков Холла. Данный подход эффективен для выявления таких дефектов, как обрыв стержней ротора, эксцентриситет воздушного зазора и межвитковые замыкания в обмотках

статора. Другой распространённый принцип заключается в моделировании вращающегося магнитного поля (ВрМП). Проводится расчёт магнитных полей с использованием конечно-элементных моделей для анализа энергетических характеристик и выявления дефектов [6]. Магнитные методы чувствительны к асимметрии ротора, возникающей из-за обрыва стержней и приводящей к эксцентриситету. Кроме того, для измерения магнитного поля применяются бесконтактные датчики, что является несомненным преимуществом. С другой стороны, магнитные методы требуют установки датчиков внутри двигателя, то есть вмешательства в конструкцию, а также тщательной экранировки датчиков от внешних полей. Более того, внешнее поле сильно зависит от конструкции кожуха и соседних магнитных масс.

Тепловые методы — инфракрасная термография (IRT) или тепловизионный контроль — позволяют бесконтактно измерять температуру поверхности двигателя. Перегрев отдельных зон указывает на повышенные потери из-за дефектов подшипников, замыканий в обмотках, ухудшения вентиляции [7]. В матрице соответствия IRT отмечена для перегрузки, повреждения изоляции, межвитковых замыканий. Методы этого класса обладают наглядностью и быстротой обследования, особенно для открытых установок, а также позволяют обнаруживать межвитковые замыкания и плохие контакты до перехода в аварию. Однако они зависят от коэффициента излучения поверхности и запылённости, а также требуют опыта интерпретации термограмм. При этом невозможно точно локализовать глубокие дефекты, скрытые в обмотках и роторе.

Анализ акустических сигналов (ААС), излучаемых двигателем, особенно на высоких частотах, позволяет диагностировать подшипники, трение ротора о статор, частичные разряды. В сочетании с вибродиагностикой он даёт более полную картину [8]. Преимуществами методов данной группы являются бесконтактность, поскольку микрофоны позволяют проводить мониторинг на расстоянии, и высокая чувствительность к зарождающимся дефектам подшипников. Однако эти методы сильно зависят от акустического фона в помещении и с трудом выделяют полезный сигнал при наличии посторонних шумов.

Многие методы, по сути, представляют собой алгоритмы обработки измеренных сигналов (тока, вибрации и т.д.) для выделения диагностических признаков. К ним относятся:

- частотно-временные преобразования: STFT (кратковременное преобразование Фурье), CWT (непрерывное вейвлет-преобразование), WVD и SPWVD (распределение Вигнера–Вилля и сглаженное псевдораспределение Вигнера–Вилля), ННТ (преобразование Гильберта–Хуанга), WPT (вейвлет-пакетное преобразование). Они позволяют анализировать нестационарные процессы, характерные для пуска и выбега двигателя [9];

- дискретные преобразования: DFT (дискретное преобразование Фурье), DWT (дискретное вейвлет-преобразование), DTFT (дискретное преобразование Тейлора–Фурье), QEWT (кватернионное эмпирическое вейвлет-преобразование) [10];

- методы, основанные на разложении сигнала: МР (согласованное преследование), эмпирическая модовая декомпозиция (в составе ННТ) [11].

Методы обработки сигналов часто используются как предварительный этап перед подачей признаков в классификатор, например нейросеть. Они позволяют анализировать нестационарные режимы, такие как пуск, выбег и изменение нагрузки, обеспечивают высокое разрешение по частоте и времени, а также могут быть адаптированы к конкретному типу сигнала. В таблице 2 многие из них — CWT, DWT, WPT — отмечены для целого ряда неисправностей. При этом методы обладают высокой вычислительной сложностью, особенно CWT и ННТ, что может снижать скорость обработки сигнала, требуют настройки параметров, таких как окно и материнский вейвлет, а результат существенно зависит от качества предварительной фильтрации.

Стремительно развивающаяся в последние годы технология искусственного интеллекта (ИИ) нашла широкое применение и в области диагностики асинхронных двигателей. Из разнообразного множества методов ИИ можно выделить следующие подгруппы:

- классические методы ИИ включают алгоритмы машинного обучения, среди которых выделяются метод опорных векторов (SVM), случайный лес (RF), k-ближайших соседей (kNN) и логистическая регрессия (LR) [12];

- глубокое обучение включает глубокие нейронные сети, а именно свёрточные нейронные сети (CNN), рекуррентные сети (RNN), долгую краткосрочную память (LSTM) [13], глубокие сети доверия (DBN), автокодировщики (AE), ограниченные машины Больцмана (RBM) [14];

- гибридные системы, суть которых заключается в комбинировании методов ИИ с методами других категорий, например нейро-нечёткие сети (ANFIS) объединяют нечеткую логику с нейронными сетями;

- оптимизационные алгоритмы, используемые для выбора оптимальных признаков и сводящие задачу детекции к задаче оптимизации по заданным критериям. Работа [14] представляет алгоритм муравьиной колонии (ACO).

Из таблицы 2 видно, что методы ИИ многократно встречаются для обнаружения самых разных неисправностей, что говорит об их универсальности. Такие методы способны классифицировать неисправность с высокой

точностью, а также позволяют автоматизировать процесс диагностики. С другой стороны, как и многие алгоритмы ИИ, они требуют наличия большого объёма качественно размеченных данных для обучения, сбор и подготовка которых могут быть трудоёмкой задачей. Более того, ИИ всегда подвержен риску переобучения, когда модель слишком хорошо запоминает обучающую выборку и тем самым плохо работает с новыми данными.

Для углублённого анализа и прогнозирования применяются математические модели двигателя и его дефектов, реализованные в средах MATLAB/Simulink. Это позволяет исследовать влияние различных параметров на характеристики. Экспертные системы (ЭС) накапливают знания о диагностике и помогают оператору принимать решения [15]. Методы данной категории позволяют прогнозировать развитие дефекта, незаменимы для исследования труднодоступных режимов и обеспечивают объяснение решения, особенно ЭС. Однако методы требуют точных параметров двигателя (геометрия, материалы), которые не всегда известны; моделированию также присуща высокая трудоёмкость создания модели двигателя, а кроме того, оно часто требует большого времени расчёта.

**Заключение.** Обобщая всё выше сказанное, можно отметить, что разные категории методов диагностируют различные неисправности. Так, электрические методы в большинстве случаев выявляют неисправности статора. Вибрационные и акустические методы ориентированы на обнаружение механических дефектов. Тепловые методы являются несколько более универсальной группой — вследствие своего принципа они способны выявлять как электрические неисправности, так и механические. Магнитные методы, как и электрические, способны выявлять неисправности статора, однако, в отличие от них, больше ориентированы на диагностику ротора. Алгоритмы обработки сигналов часто выступают не как основной компонент системы диагностики, а как подготовительный этап. Поэтому методы обработки сигналов являются одной из наиболее универсальных категорий из ранее перечисленных. Наконец, не менее универсальной категорией являются методы на основе ИИ. Универсальность самой технологии ИИ позволяет проектировать весьма гибкие современные системы диагностики.

Таким образом, проведённый обзор показывает, что на сегодняшний день не существует универсального алгоритма, который бы охватывал все известные неисправности, возникающие в двигателе. Тем не менее, анализ научной литературы свидетельствует о стремлении к универсальности. Как упоминалось ранее, методы ИИ наряду с методами обработки сигналов являются одной из наиболее универсальных категорий. Однако следует помнить, что на практике универсальность нередко достигается за счёт точности, поэтому прежде чем рассматривать методы ИИ, целесообразно сначала изучить другие, более узконаправленные методы. С другой стороны, выбор категории методов зависит от цели, ради которой проектируется система диагностики, и от набора задач, стоящих перед системой. Поэтому для повышения точности диагностики наблюдается развитие комбинированного подхода, при котором методы из разных категорий объединяются в рамках одной системы.

### Список литературы

1. Sonje D, Munje R. Comprehensive Survey on Fault Detection and Classification in Three-Phase Induction Motors. *ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics, and Communications*. 2024;22(2):8143. <https://doi.org/10.37936/ecti-eeec.2024222.248143>
2. Дайнеко В.А., Юрковец Ж.Г. Методы диагностики асинхронных электродвигателей в рабочих режимах и перспективы их применения. *Агротрансформация*. 2021;(4(146)):22–25.
3. Allal A, Lammouchi Z, Khechekhouche A, Mohamed N, Alqunun Kh, Alghadhban A. Advanced Residual Optimal Mapping Approach for Precise Detection of Stator Faults in Induction Motors. *IEEE Access*. 2024;12:143515–143530. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3442671>
4. Лутай С.Н., Коломиец В.В., Кобылянский Б.Б. и др. Методы и анализ диагностики асинхронных электродвигателей. *Электротехнические и компьютерные системы*. 2014;(15(91)):306–310.
5. Петров И.В. Комплексное техническое диагностирование электрических двигателей. *Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого*. 2018;(3):57–65.
6. Ailton O.L., Wesley A.S., Avyner L.O.V., et.al. Detection of Stator Faults in Three-Phase Induction Motors Using Stray Flux and Machine Learning. *Energies*. 2025;18(6):1516. <https://doi.org/10.3390/en18061516>
7. Javed MR, Shabbir Z, Asghar F, Amjad W, Mahmood F, Khan MO, et. al. An Efficient Fault Detection Method for Induction Motors Using Thermal Imaging and Machine Vision. *Sustainability*. 2022;14(15):9060. <https://doi.org/10.3390/su14159060>
8. Плотников М.П., Сухов В.Е., Борознов А.А. Способ выявления неисправностей асинхронного двигателя на основе звуковых волн. *Труды БрГУ. Серия: Естественные и инженерные науки*. 2022;1:70–73.
9. Fernandez-Cavero V, Morinigo-Sotelo D, Duque-Perez Oscar, Pons-Llinares J.A Comparison of Techniques for Fault Detection in Inverter-Fed Induction Motors in Transient Regime. *IEEE Access*. 2017;5:8048–8063. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2702643>

10. Hussein AM, Obed AA, Zubo RHA, Al-Yasir YIA, Saleh AL, Fadhel H, et. al. Detection and Diagnosis of Stator and Rotor Electrical Faults for Three-Phase Induction Motor via Wavelet Energy Approach. *Electronics*. 2022;11(8):1253. <https://doi.org/10.3390/electronics11081253>
11. Garcia-Calva T, Morinigo-Sotelo D, Fernandez-Cavero V, Romero-Troncoso R. Early Detection of Faults in Induction Motors – A Review. *Energies*. 2022;15(21):7855. <https://doi.org/10.3390/en15217855>
12. Cheng L, Shen J, Xu G, Chi Ch, Feng Q, Zhou Ya, et. al. Induction Motor Stator Winding Inter-Tern Short Circuit Fault Detection Based on Start-Up Current Envelope Energy. *Sensors*. 2023;23(20):8581. <https://doi.org/10.3390/s23208581>
13. Hussain M, Memon TD, Hussain I, Memon ZA, Kumar D. Fault Detection and Identification Using Deep Learning Algorithms in Induction Motors. *Computer Modeling in Engineering and Sciences*. 2022;133(2):435–470. <https://doi.org/10.32604/cmescs.2022.020583>
14. Katta P, Karunanithi K, Raja SP, Ramesh S, Prakash SVJ, Joseph D. Optimized Deep Belief Network for Efficient Fault Detection in Induction Motor. *Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*. 2024;13. <https://doi.org/10.14201/adcaij.31616>
15. Хамидов О.Р., Грищенко А.В., Шрайбер М.А. Разработка интеллектуальных методов оценки технического состояния локомотивного асинхронного электродвигателя на основе экспертных систем. *Бюллетень результатов научных исследований*. 2020;(2):77–89.

***Об авторе:***

**Максим Геннадьевич Дольников**, аспирант кафедры «Системы приводов и автоматизированного контроля» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [maksimdolnikov607@gmail.com](mailto:maksimdolnikov607@gmail.com)

***Конфликт интересов:*** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

***Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.***

***About the Author:***

**Maksim G. Dolnikov**, Postgraduate Degree Student of the Drive Systems and Automated Control Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation), [maksimdolnikov607@gmail.com](mailto:maksimdolnikov607@gmail.com)

***Conflict of Interest Statement:*** the author declares no conflict of interest.

***The author has read and approved the final manuscript.***

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 687.03

### Комплексная оценка качества текстильных материалов для комплектов одежды духовенства Русской Православной Церкви

Т.Ю. Камышанская<sup>1</sup>, А.С. Рукавишников<sup>1</sup>, М.В. Гапоненко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

<sup>2</sup>МРО православный приход храма Смоленской иконы Божией Матери «Одигитрии», г. Аксай, Российская Федерация

#### Аннотация

В представленной статье проведена комплексная оценка качественных характеристик текстильных материалов, применяемых в процессе производства комплектов одежды православного духовенства. В рамках настоящего исследования осуществлена экспериментальная апробация образцов основного материала, предназначенного для иерейских облачений, а также подкладочных полотен и плательно-костюмных тканей по перечню наиболее значимых эксплуатационных и гигиенических показателей, к которым отнесены воздухопроницаемость, устойчивость окраски к воздействию химической стирки, изменение линейных размеров после проведения мокрых обработок, осыпаемость, гигроскопичность, несминаемость и раздвигаемость нитей. Полученные в ходе работы результаты обеспечивают возможность научно обоснованного определения оптимального ассортимента материалов для последующего изготовления комплектов одежды духовенства Русской Православной Церкви.

**Ключевые слова:** ткань, свойства текстильных материалов, текстильный материал, церковные облачения, комплексная оценка, качество текстильных материалов, качество ткани

**Для цитирования.** Камышанская Т.Ю., Рукавишников А.С., Гапоненко М.В. Комплексная оценка качества текстильных материалов для комплектов одежды духовенства Русской Православной Церкви. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):82–89.

### Comprehensive Assessment of Textile Material Quality in Vestments of the Russian Orthodox Clergy

Tamara U. Kamyshanskaya<sup>1</sup>, Anna S. Rukavishnikova<sup>1</sup>, Mikhail V. Gaponenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

<sup>2</sup>Local Religious Organisation Orthodox Parish of the Church of the Smolensk Icon of the Mother of God “Hodegetria”, Aksai, Russian Federation

#### Abstract

The article presents a comprehensive assessment of the qualitative characteristics of textile materials used to produce clothing ensembles for Orthodox clergy. In the frame of the study, experimental testing of samples of the main fabric of the priest vestments, as well as lining taffeta and suit fabrics, was performed across a set of key performance and hygiene indicators, including fabric porosity, color fastness to dry cleaning, dimensional stability after washing, fraying, hygroscopicity, crumple resistance, and thread slippage. The results obtained during the study made it possible to determine an optimal scientifically based range of fabrics for subsequent production of clothing ensembles for clergy of the Russian Orthodox Church.

**Keywords:** fabric, textile material properties, textile material, vestments, comprehensive assessment, quality of textile materials, quality of fabric

**For Citation.** Kamyshanskaya TYu, Rukavishnikova AS, Gaponenko MV. Comprehensive Assessment of the Quality of Textile Materials in Vestments of/for the Clergy of the Russian Orthodox Church. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):82–89.

**Введение.** Для каждой из степеней церковной иерархии характерно ношение определенного богослужебного облачения. Облачение — это костюм духовного лица, состоящий из предметов одежды, соответствующих его сану. Все предметы облачения в зависимости от назначения подразделяют на повседневную и богослужебную одежду, то есть литургические облачения [1].

Церковные богослужебные одеяния, освященные по особому чину, являются вещественным образом небесных одежд Господа, Ангелов и святых. В основных чертах канон богослужебных облачений сформировался в VI веке и сохранился до настоящего времени [2].

Для церковных облачений используют широкий ассортимент тканей, среди которых наиболее распространена парча благодаря ее нарядному виду и долговечности. Также применяют бархат, лен, хлопок и шерсть, а также современные материалы, содержащие вискозные волокна и различные виды полиэфирных волокон. Выбор ткани зависит от назначения облачения и сезона.

По церковным канонам цвет облачений связан с праздниками. Всего существует семь основных цветов: белый, красный, желтый, зеленый, голубой, синий, черный. Однако допускается использование оранжевого и фиолетового цветов, а также их оттенков. Так, например, в праздники и дни памяти преподобных, подвижников, юродивых цвет облачений зеленый, а в праздники в честь Пресвятой Богородицы и бесплотных ангельских сил, а также в дни памяти святых дев и девственников цвет облачений голубой [2].

В настоящее время значительная часть текстильных материалов, используемых для изготовления подрясников, ряс и подризников, является импортной. На рынке представлено множество поставщиков, однако большинство предлагаемых тканей не соответствуют установленным нормативным требованиям. Такие несоответствия приводят к сложностям при технологической обработке, низким эксплуатационным и эстетическим характеристикам, что, в свою очередь, снижает срок носки и ухудшает внешний вид изделия.

Основным производителем парчи является Рахмановский шелковый комбинат. Также существуют и другие предприятия, поставляющие парчу различного уровня качества. В связи с этим возникает необходимость в проведении анализа качества текстильных материалов, а также в формировании рекомендаций по выбору наилучших образцов для изготовления комплектов одежды православного духовенства.

Цель работы состоит в проведении комплексной оценки качества текстильных материалов для подбора оптимальных материалов, входящих в пакеты комплектов одежды православного духовенства.

**Основная часть.** Для выбора оптимальных материалов была проведена комплексная оценка качества следующих видов материалов: основная ткань для иерейских облачений (парча), подкладочный материал, плательно-костюмная ткань. Было выбрано 6 образцов парчи, 6 образцов подкладочной ткани, 6 образцов плательно-костюмных тканей.

Основные характеристики исследуемых образцов парчи и подкладочных тканей для иерейских облачений представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Основные характеристики исследуемых образцов парчи

Номер образца	Наименование	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина, мм	Переплетение	Цена, руб/м
1	Парча церковная, Россия	Впэф 90 Вац 10	286,4	0,79	жаккардовое	2500
2	Парча церковная, Россия	Впэф 90 Вац 10	304,5	0,58	жаккардовое	3200
3	Парча церковная, Россия	Впэф 90 Вац 10	288,2	0,69	жаккардовое	2100
4	Парча церковная, Россия	Впэф 90 Вац 10	300,2	0,67	жаккардовое	3500
5	Парча церковная, Россия	Впэф 90 Вац 10	303,9	0,32	жаккардовое	2700
6	Парча церковная, Россия	Впэф 90 Вац 10	321,2	0,26	жаккардовое	1900

Таблица 2

Основные характеристики исследуемых образцов подкладочных тканей

Номер образца	Наименование	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина, мм	Переплетение	Цена, руб/м
1	Подкладочная ткань, Китай	Впэф 95 Впу 5	123,7	0,28	креповое	570

Номер образца	Наименование	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина, мм	Переплетение	Цена, руб/м
2	Подкладочная ткань, Китай	Впэф 100	95,0	0,1	полотняное	400
3	Подкладочная ткань, Китай	Впэф 95 Впу 5	101,8	0,17	креповое	600
4	Подкладочная ткань, Китай	Впэф 95 Впу 5	109,9	0,17	креповое	600
5	Подкладочная ткань, Китай	Впэф 100	95,0	0,1	полотняное	400
6	Подкладочная ткань, Китай	Впэф 95 Впу 5	106,4	0,3	креповое	500

Основные характеристики исследуемых образцов платьельно-костюмных тканей для подрясников, ряс и подризников представлены в таблице 3.

Таблица 3

Основные характеристики исследуемых образцов платьельно-костюмных тканей

Номер образца	Наименование	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина, мм	Переплетение	Цена, руб/м
1	Ткань костюмная, Китай	Влен 95 Впу 5	123,9	0,6	саржевое	870
2	Ткань платьельная, Китай	Ввис 100	109,7	0,28	полотняное	560
3	Ткань платьельная, Китай	Впэф 100	115,0	0,38	саржевое	400
4	Ткань костюмная, Китай	Впэф 95 Впу 5	171,3	0,59	креповое	640
5	Ткань платьельная, Китай	Ввис 100	113,6	0,3	креповое	480
6	Ткань платьельная, Китай	Ввис 100	115,2	0,42	креповое	510

В соответствии с требованиями к конкретному виду одежды, с учетом ее назначения и условий эксплуатации установлены требования ко всем видам материалов, используемых для изготовления различных комплектов облачений. Так, для платьельно-костюмных тканей, используемых для подризников и ряс, были выбраны следующие требования: гигиенические, конструкторско-технологические, износостойкости, эстетические; для основной ткани иерейских облачений (парчи): эстетические, конструкторско-технологические, гигиенические, износостойкости; для подкладочного материала: конструкторско-технологические, гигиенические, износостойкости, эстетические.

На основе требований к материалам была разработана следующая программа испытаний: для платьельно-костюмных тканей — воздухопроницаемость, гигроскопичность, осыпаемость, усадка, устойчивость окраски, несминаемость; для основной ткани для иерейских облачений — воздухопроницаемость, осыпаемость, усадка, несминаемость; для подкладочных тканей — воздухопроницаемость, гигроскопичность, осыпаемость, усадка, устойчивость окраски, несминаемость.

При разработке требований к материалам, были установлены нормативы по показателям свойств каждого материала, представленные в таблице 4.

Таблица 4

Карта нормативных требований к уровню качества материалов

Вид материала/Показатель	Воздухопроницаемость дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ×с	Гигроскопичность, %	Раздвигаемость, даН	Осыпаемость, мм	Стойкость окраски, баллы	Усадка, %	Несминаемость
Основной материал для фелони	100	—	—	3	—	По основе: 3,5 По утку: 2	46

Вид материала/Показатель	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$	Гигроскопичность, %	Раздвигаемость, даН	Осыпаемость, мм	Стойкость окраски, баллы	Усадка, %	Несминаемость
Подкладочный материал для фелони	100	6-10	1,5	2,5	4-5	По основе: 5 По утку: 2	35
Плательно-костюмная ткань	100	6-10	1,5	2,5	4-5	По основе: 4 По утку: 2	50

Была определена устойчивость окраски материалов к действию химической чистки. Было проверено изменение первоначальной окраски, а также степень закрашивания белого материала. Методы определения прочности окраски проведены согласно ГОСТ 9733.0-83 [3]. Усадка текстильных материалов была определена согласно ГОСТ 30157.0 [4] и ГОСТ 30157.1 [5]. Усадка была проведена путем сравнения расстояний между контрольными точками на образце до замачивания и после высыхания.

Воздухопроницаемость текстильных материалов была определена на приборе ВПТМ-2 согласно ГОСТ 12088 [6]. Испытания гигроскопичности для подкладочных материалов и плательно-костюмных тканей проводились согласно ГОСТ Р 57876 [7], а также ГОСТ 3816 [8] путем сравнения массы сухих и влажных образцов.

Раздвижка нитей в ткани по основе и утку была определена для подкладочных материалов и плательно-костюмных тканей согласно ГОСТ 22730 [9] на приборе РТ-2.

Фотографии экспериментальных исследований представлены на рис. 1.

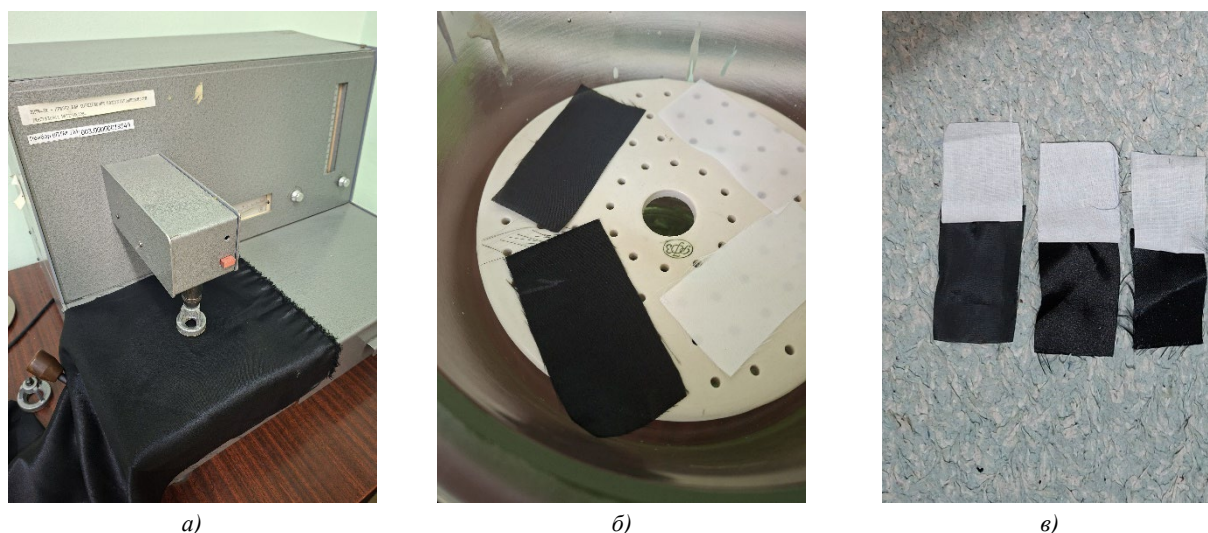


Рис. 1. Экспериментальные исследования свойств материалов: *а* — воздухопроницаемость, *б* — гигроскопичность, *в* — устойчивость окраски

Для общей оценки качества текстильных материалов была проведена комплексная оценка. Результаты экспериментальных исследований показателей свойств исследуемых материалов представлены в таблицах 5–7.

Таблица 5

Результаты экспериментальных исследований показателей образцов парчи

Показатели	Образец					
	1	2	3	4	5	6
Несминаемость, %	78	79	77	73	71	70
Осыпаемость, мм	3	2	3	3	2	3
Усадка, %						
По основе	1	2	1,5	2	2	2
По утку	2	3	2	3	3	3
Стойкость окраски, баллы	5	5	5	5	5	5
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$	263	239	204	222	208	231

Таблица 6

Результаты экспериментальных исследований показателей образцов подкладочных тканей

Показатели	Образец					
	1	2	3	4	5	6
Несминаемость, %	68	79	70	70	79	67
Осыпаемость, мм	2	2	3	3	2	1
Раздвижка нитей, даН						
По основе	4,1	2,5	2,8	2,8	2,5	3,7
По утку	3,3	1,3	2,4	0,9	1,3	3,1
Усадка, %						
По основе	2	0,5	1	2	0,5	1
По утку	3	1	2	3	1	2
Стойкость окраски, баллы	4	5	4	5	5	5
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$	1265	675	179	67,5	675	246
Гигроскопичность, %	19	9	10	7	9	6

Таблица 7

Результаты экспериментальных исследований показателей образцов платьечно-костюмных тканей

Показатели	Образец					
	1	2	3	4	5	6
Несминаемость, %	60	72	53	67	55	45
Осыпаемость, мм	4	3	3	2	3	4
Усадка, %						
По основе	2,5	1	2	0,5	2	2,5
По утку	3	2	3	1	3	3
Стойкость окраски, баллы	4	5	5	5	5	5
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$	195	508	279	117	526	760
Гигроскопичность, %	1,2	1,6	10	4	5	17

Для расчета комплексной оценки качества фактические показатели были переведены в относительные путем деления фактического значения на базовое. Для позитивных показателей за базовое принималось минимальное значение, а для негативных — максимальное. Комплексная оценка качества материалов проводилась путем сравнения площадей многоугольников, образованных относительными показателями каждой ткани.

Результаты расчета относительных показателей качества исследуемых материалов приведены в таблицах 8–10, а также на рис. 2–4.

Таблица 8

Результаты расчета относительных показателей качества парчи

Показатели	Образец					
	1	2	3	4	5	6
Несминаемость, %	1,13	1,12	1,1	1,04	1,01	1
Осыпаемость, мм	1	0,7	1	1	0,7	1
Усадка, %						
По основе	0,5	1	0,8	1	1	1
По утку	1,5	1	1,5	1	1	1
Стойкость окраски, баллы	1	1	1	1	1	1
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$	1,3	1,2	1	1,1	1,02	1,2

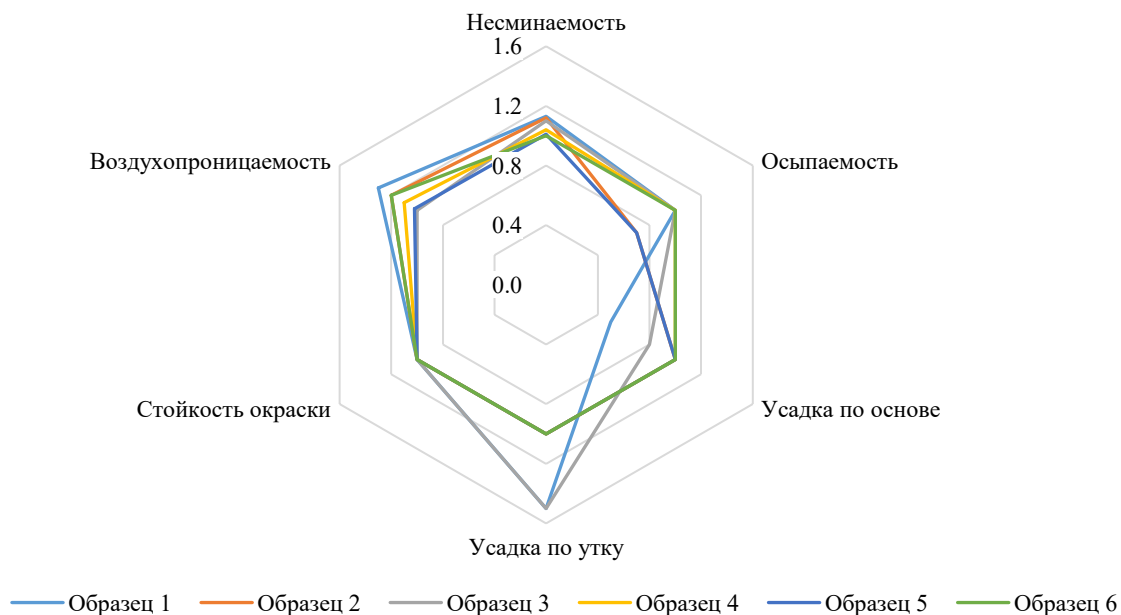


Рис. 2. Диаграмма комплексной оценки качества образцов парчи

Таблица 9

Результаты расчета относительных показателей качества подкладочных тканей

Показатели	Образец					
	1	2	3	4	5	6
Несминаемость, %	1,01	1,2	1,04	1,04	1,2	1,0
Осыпаемость, мм	0,7	0,7	1	1	0,7	0,3
Раздвижка нитей, даН						
По основе	1	0,6	0,7	0,7	0,6	0,9
По утку	1	0,4	0,7	0,2	0,4	0,9
Усадка, %						
По основе	1	0,3	0,5	1	0,3	0,5
По утку	1	0,3	0,7	1	0,3	0,7
Стойкость окраски, баллы	0,8	1	0,8	1	1	1
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$	18,7	10	2,6	1	10	3,6
Гигроскопичность, %	3,2	1,5	1,7	1,2	1,5	1

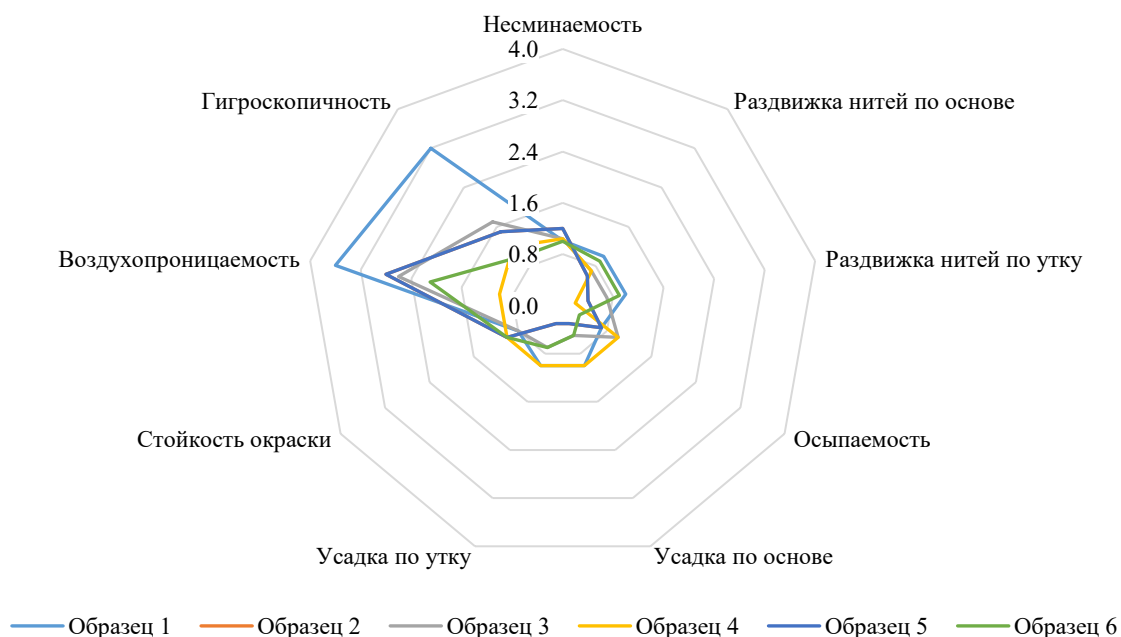


Рис. 3. Диаграмма комплексной оценки качества образцов подкладочной ткани

Результаты расчета относительных показателей качества плательно-костюмных тканей

Показатели	Образец					
	1	2	3	4	5	6
Несминаемость, %	1,3	1,6	1,2	1,5	1,2	1
Осыпаемость, мм	2	1,5	1,5	1	1,5	2
Усадка, %						
По основе	1	0,4	0,8	0,2	0,8	1
По утку	1	0,6	1	0,3	1	1
Стойкость окраски, баллы	1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$	1,7	4,3	2,4	1	4,5	6,5
Гигроскопичность, %	0,1	0,1	0,6	0,2	0,3	1

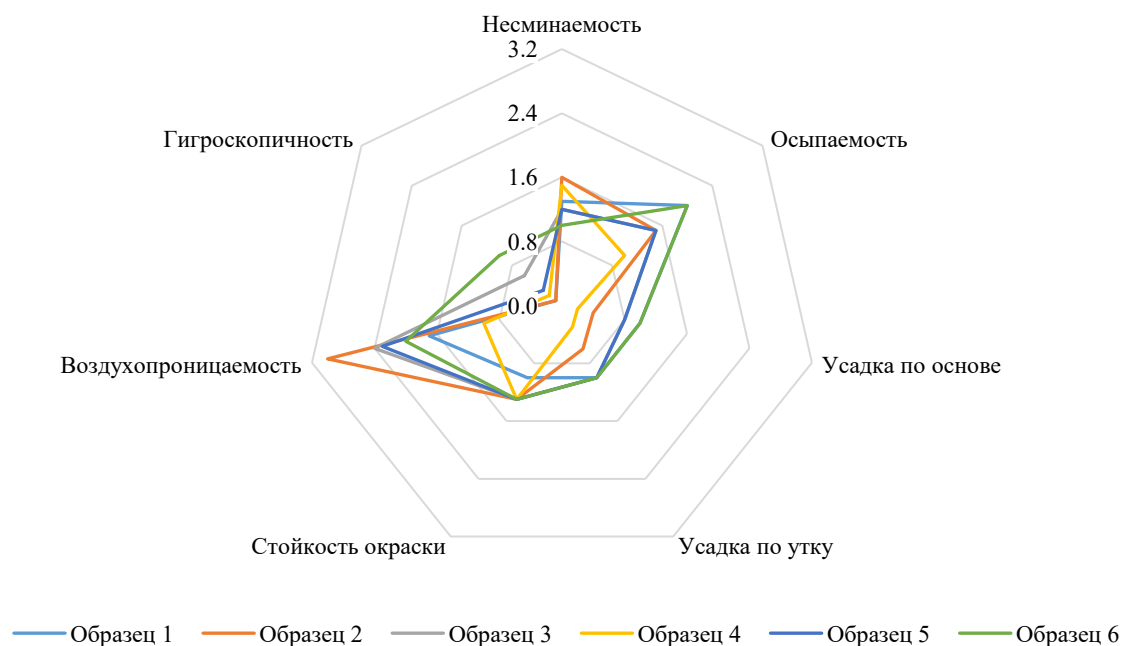


Рис. 4. Диаграмма комплексной оценки качества образцов плательно-костюмной ткани

Комплексная оценка качества проводилась путем сопоставления площадей многоугольников, образованных относительными показателями каждой исследуемой ткани.

В ходе исследования установлено, что фактические показатели качества парчи находятся в пределах норм, предусмотренных ГОСТ 28253 [10]. Наибольшая площадь многоугольника зафиксирована у образца № 1, что обусловлено его наименьшей поверхностной плотностью. Производителем данного материала является Рахмановский шелковый комбинат.

Среди подкладочных тканей наибольшая площадь многоугольника отмечена у образца № 1, содержащего полиуретановые волокна. Этот образец характеризуется наибольшей поверхностной плотностью по сравнению с остальными. У образцов № 2 и № 5 показатели раздвижки нитей ниже нормативного уровня, вследствие чего они не могут быть рекомендованы к использованию.

Среди плательно-костюмных тканей наибольшая площадь многоугольника выявлена у образца № 2, что обусловлено наличием в его составе вискозных волокон.

Таким образом, указанные ткани могут быть рекомендованы для изготовления комплектов одежды духовенства Русской Православной Церкви.

**Заключение.** Комплексная оценка качества текстильных материалов позволила определить оптимальные материалы для проектирования комплектов одежды православного духовенства. В статье изучены характеристики таких тканей, как парча, плательно-костюмные и подкладочные ткани, а также рассмотрены их гигиенические и физико-механические свойства.

В ходе исследования установлено, что среди всех изученных материалов образцы парчи № 1, подкладочной ткани № 1 и плательно-костюмной ткани № 2 соответствуют нормативным требованиям.

### Список литературы

1. Афолина Н.Я., Золотцева Л.В., Холоднова Е.В., Бергман Н.В. Разработка исходной информации процесса конструирования диаконского облачения. *Дизайн и технологии*. 2013;(34(76)):36–42
2. Кудринская Т.Я. *Пошив церковных облачений. Расчет и построение выкроек: Практическое руководство*. Москва: Паломник; 2010. 128 с.
3. ГОСТ 9733.0-83 *Материалы текстильные. Общие требования к методам испытаний устойчивости окрасок к физико-химическим воздействиям*. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294820/4294820711.pdf> (дата обращения: 09.04.2026).
4. ГОСТ 30157.0-95 *Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Общие положения*. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294814/4294814503.pdf> (дата обращения: 09.04.2026).
5. ГОСТ 30157.1-95 *Полотна текстильные. Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Режимы обработок*. ИПК Издательство стандартов. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294813/4294813973.pdf> (дата обращения: 09.04.2026).
6. ГОСТ 12088-77 *Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости*; ИПК Издательство стандартов. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294838/4294838838.pdf> (дата обращения: 09.04.2026).
7. ГОСТ Р 57876-2017 *Материалы текстильные. Метод определения гигроскопичности*; Москва: Стандартиформ. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293741/4293741556.pdf> (дата обращения: 10.04.2026).
8. ГОСТ 3816-81. *Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств*; ИПК Издательство стандартов. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294824/4294824384.pdf> (дата обращения: 10.04.2026).
9. ГОСТ 22730-87. *Метод определения раздвигаемости*; Москва: Издательство стандартов. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294831/4294831207.pdf> (дата обращения: 10.04.2026).
10. ГОСТ 28253-89. *Ткани шелковые и полушелковые плательные и плательно-костюмные. Общие технические условия*; Москва: Издательство стандартов. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294826/4294826530.pdf> (дата обращения: 10.04.2026).

### Об авторах:

**Тамара Юрьевна Камышанская**, студент Института креативных индустрий Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [tamara.kamyshanskaya@yandex.ru](mailto:tamara.kamyshanskaya@yandex.ru)

**Анна Сергеевна Рукавишникова**, кандидат технических наук, доцент Института креативных индустрий Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [annaru14@yandex.ru](mailto:annaru14@yandex.ru)

**Михаил Владимирович Гапоненко**, настоятель, МРО православный приход храма Смоленской иконы Божией Матери «Одигитрии» (346721, Российская Федерация, г. Аксай, ул. Гулаева, 66), [ieremg@gmail.com](mailto:ieremg@gmail.com)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

### About the Authors:

**Tamara U. Kamyshanskaya**, Student of the Institute of Creative Industries, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [tamara.kamyshanskaya@yandex.ru](mailto:tamara.kamyshanskaya@yandex.ru)

**Anna S. Rukavishnikova**, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Institute of Creative Industries, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [annaru14@yandex.ru](mailto:annaru14@yandex.ru)

**Mikhail V. Gaponenko**, Rector, Local Religious Organisation Orthodox Parish of the Church of the Smolensk Icon of the Mother of God “Hodegetria” (66, Gulaev Str., Aksai, 346721, Russian Federation) [ieremg@gmail.com](mailto:ieremg@gmail.com)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.056.55 : 004.43

## Метод повышения надежности стеганографии с помощью порогового разделения секрета: реализация и тестирование

Н.С. Могилевская, О.В. Терещенко

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

### Аннотация

Основной недостаток традиционных стеганографических методов — утрата скрытого сообщения при повреждении заполненного контейнера. В данной работе исследуется задача обеспечения целостности стеганографических сообщений при модификации контейнера. Встраиваемое сообщение делится на доли в соответствии с  $(k, n)$ -пороговой схемой разделения секрета Шамира, после чего эти доли внедряются в различные непересекающиеся области изображения-контейнера с использованием метода Куттера-Джордана-Боссена. Для восстановления исходного сообщения достаточно любых  $k$  из  $n$  долей, что позволяет воссоздать информацию даже при частичной потере или искажении контейнера. Целью работы стала разработка и тестирование программного средства, реализующего предложенный подход. Описаны алгоритмы встраивания и извлечения данных, алгоритм восстановления секрета, а также особенности программной реализации. Экспериментально продемонстрирована работоспособность метода и его устойчивость к таким воздействиям, как наложение водяного знака; осветление изображения и наложение фильтра шума.

**Ключевые слова:** стеганография, пороговое разделение секрета, схема Шамира, метод Куттера-Джордана-Боссена, отказоустойчивость, стегоконтейнер, программная реализация

**Для цитирования.** Могилевская Н.С., Терещенко О.В. Метод повышения надежности стеганографии с помощью порогового разделения секрета: реализация и тестирование. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):90–96.

## A Method for Improving Reliability of Steganography Using Threshold Secret Sharing: Implementation and Testing

Nadezhda S. Mogilevskaya, Oleg V. Tereshchenko

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

### Abstract

The main vulnerability of traditional steganographic techniques lies in the possibility of losing a hidden message in case of damaging the container file. The article investigates the problem of ensuring steganographic message integrity in case of modification of a container file. The embedded message is fragmented according to Shamir's  $(k, n)$  - threshold secret sharing scheme, afterwards the fragments are embedded in different non-overlapping regions of the container image using the Kutter-Jordan-Bossen technique. Any  $k$  of  $n$  fragment is sufficient to recover the original message, which makes it possible to recover the message even in case of partial loss or distortion of the container file. The study aims at developing and testing a software, which would implement the proposed approach. The algorithms for embedding and extracting data, a secret recovery algorithm, and software implementation features have been defined. The operability of the method and its resilience to such impacts as watermark application, image dodging, and noise filter imposing have been experimentally demonstrated.

**Keywords:** steganography, threshold secret sharing, Shamir's Secret Sharing Scheme, Kutter-Jordan-Bossen technique, fault tolerance, stego-container, software implementation

**For Citation:** Mogilevskaya NS, Tereshchenko OV. A Method for Improving Reliability of Steganography Using Threshold Secret Sharing: Implementation and Testing. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):90–96.

**Введение.** Для защиты данных широко применяется стеганография. Её используют не только для скрытой передачи информации, но и для решения других задач — например, предотвращения копирования, контроля пространства файлов в сетях и тому подобного [1, 2]. Методы стеганографии часто обладают существенным недостатком — они уязвимы к утрате внедрённых данных. Если стегоконтейнер, то есть изображение со встроенным сообщением, будет случайно повреждён или подвергнется целенаправленной атаке (например, сжатию с потерями или обрезке), то скрытая информация, скорее всего, окажется безвозвратно утраченной. Это существенно ограничивает практическую применимость стеганографии в системах, где требуется высокая надёжность и отказоустойчивость.

Исключить возможность модификации скрытого сообщения даже при изменении контейнера, можно, например, с помощью комбинации стеганографии и криптографической  $(k, n)$ -схемы порогового разделения данных ( $k < n$ ). В пороговых схемах секрет разделяется на  $n$  частей (долей), и для его восстановления необходимо собрать  $k$  из них. Любое количество долей, меньшее  $k$ , не дает никакой информации об исходных данных.

Комбинирование методов порогового разделения данных и стеганографии может быть организовано следующим образом. Сообщение, разделенное каким-либо пороговым методом, стеганографически встраивается в  $n$  непересекающихся частей изображения-контейнера. Такой подход не только скрывает факт передачи, но и обеспечивает устойчивость к потере или повреждению до  $n-k$  долей сообщения. Далее для краткости описанную комбинацию методов порогового разделения данных и стеганографии будем называть гибридным методом защиты данных.

Повышение устойчивости стеганографического сообщения к искажениям контейнера с помощью порогового разделения секрета рассматривается, в частности, в исследованиях [3, 4]. Так, в работе [3] для встраивания в пространственную область мультимедийных файлов применяется метод SSRC, а в [4] — метод наименее значащего бита (НЗБ). В обеих работах используется схема Шамира.

Цель настоящей работы состоит в создании программного средства, реализующего гибридный метод защиты данных и предоставляющего возможность использовать в его составе стеганографический метод Куттера-Джордана-Боссена [1, 2] и пороговую схему Шамира разделения секрета. В статье также будут представлены некоторые результаты работы построенного программного средства, подтверждающие его работоспособность.

**Алгоритм встраивания данных в изображение.** Входными параметрами алгоритма встраивания данных являются: изображение-контейнер, встраиваемое сообщение (секрет), параметры используемой пороговой  $(k, n)$ -схемы разделения данных, а также параметры стеганографического метода встраивания.

Стеганографический метод Куттера-Джордана-Боссена (метод КДБ) встраивания и извлечения сообщений из неподвижных изображений параметризуется тремя значениями:  $q$  — энергия встраиваемого сигнала,  $r$  — число повторных встраиваний одного бита информации, а также  $cross$  — размер крестообразной окрестности пикселя с измененным битом (соседи с одинаковой координатой по горизонтали, либо по вертикали). С ростом  $q$  изменения пикселей в изображении заметнее, но устойчивость вложения растет. Рост параметра  $r$  увеличивает избыточность встраивания. Параметр  $cross$  применяется для извлечения бита данных из пикселя. В предлагаемой программной реализации параметры  $q$ ,  $r$  и  $cross$  выбираются пользователем. Заметим, что выбор этих параметров значительно влияет на качество работы гибридного метода.

Схема Шамира порогового разделения секрета работает в полях Галуа  $GF(P)$  простой мощности  $P$ . В реализованном программном средстве поддерживается работа с простыми числами в диапазоне [257, 3571]. Каждый символ секрета преобразовывается в число (байт), согласно кодировке Windows-1251, и в качестве секрета передается на вход схеме Шамира. Схема Шамира возвращает для переданного числа  $n$  долей. В  $(k, n)$ -пороговой схеме Шамира используется полином  $f(x_i)$ ,  $deg(f(x_i)) = k - 1$  над полем  $P$ , такой, что  $f(0) = s$ , где  $s$  — секрет. На выходе метода формируются  $n$  долей вида  $(x_i, y_i)$ , где  $x_i = i'$ ,  $y_i = f(x_i) \in GF(P)$ ,  $i \in [0, n)$ ,  $i' \in [1, n]$ . Из значений  $y_i$ ,  $i \in [0, n)$ , формируется матрица  $Y$ , где количество строк равно общему числу долей (т.е. параметру  $n$ ), а количество столбцов равно количеству символов в строке секрета (таким образом, каждый столбец матрицы — это набор долей (именно  $y_i \in GF(P)$ ,  $i \in [0, n)$ ) для одного символа секрета). В процессе построения долей, которые будут встраиваться в стегоконтейнер, итеративно для каждой строки матрицы выполняется: каждый элемент строки конкатенируется с числом  $i'$  — индексом строки матрицы, где находится элемент, затем конкатенируются все полученные подстроки. Таким образом формируются встраиваемые в стегоконтейнер доли:

$$D_i = i' \parallel y_{i,0} \parallel i' \parallel y_{i,1} \parallel i' \parallel y_{i,2} \parallel \dots \parallel i' \parallel y_{i,S'-1}, \quad i \in [0, n), i' \in [1, n], \quad (1)$$

где  $S'$  — длина секрета в байтах, « $\parallel$ » является операцией конкатенации. В конец каждой такой доли дописывается рассчитанный CRC-код, построенный с использованием многочлена:

$$f(x) = x^8 + x^5 + x^4 + 1.$$

Изображение-контейнер условно делится на  $n$  непересекающихся и равных по ширине полос, в каждую из которых, согласно алгоритму Куттера-Джордана-Боссена, побитно встраивается длина доли вида (1) с учетом контрольной суммы, затем сама доля с CRC-кодом. Если ширина изображения не делится нацело на  $n$  частей, то остается область, в которую ничего не внедряется. Биты информации встраиваются в синий цветовой канал случайных пикселей соответствующих полос (1 бит данных в 1 пиксель). Для выбора случайных позиций применяется генератор псевдослучайных чисел с заданным зерном  $Z$ .

Блок встраивания долей в стегоконтейнер возвращает в интерфейс программы параметр  $P$ . Схема работы алгоритма встраивания данных в изображение-контейнер представлена на рис. 1.

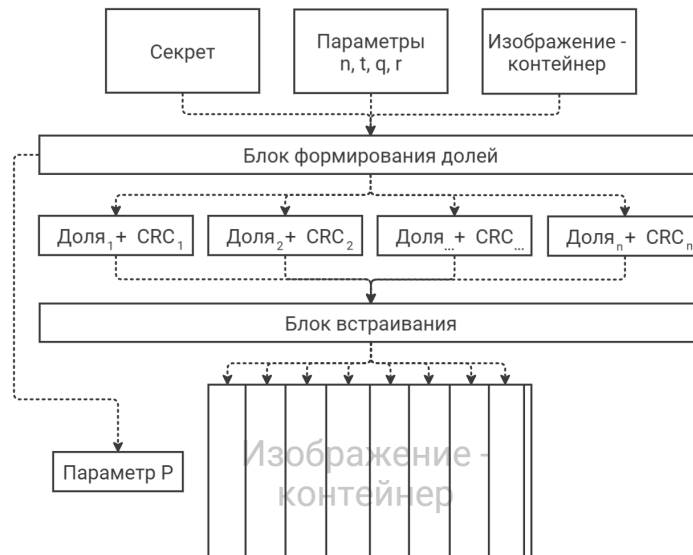


Рис. 1. Схема работы алгоритма встраивания долей секрета в файл-контейнер

**Алгоритм извлечения данных.** Этот алгоритм получает в качестве входных параметров заполненное изображение-контейнер, параметр  $n$  порогового метода разделения данных, параметры  $r$ ,  $cross$  используемого стеганографического метода, а также число  $P$ , сгенерированное при выполнении алгоритма встраивания данных в контейнер.

Изображение условно делится на  $n$  равных по ширине полос, в каждой из которых итеративно происходит считывание бит данных. Нужные пиксели выбираются благодаря генератору псевдослучайных чисел с заданными зерно  $Z$ . Сначала считываются данные для восстановления длины доли, потом, согласно извлеченному значению, считываются биты самой доли. От полученной доли отделяются CRC-код, вычисленный при встраивании, рассчитывается новый CRC-код и сравнивается с извлеченным. На основе эквивалентности этих кодов выставляется флаг корректности извлеченной доли. Биты данных из пикселей извлекаются согласно алгоритму Куттера-Джордана-Боссена. Важно уточнить, что заполненный контейнер может быть сильно поврежден, ввиду чего извлекаемые длины долей могут быть «невозможными», например, их значения могут превышать количество пикселей в полосе. На этот случай в коде программы прописано условие, которое сравнивает значение извлеченного размера доли с количеством пикселей в полосе. Если значение длины доли превышает «пространство» полосы изображения, то алгоритм, даже не пытаясь извлечь саму долю, переходит к следующей полосе контейнера.

Алгоритм извлечения данных возвращает в интерфейс программы считанные доли с флагами, дописанными в конце соответствующих долей (флаги — «//true», «//false»), или сообщение «break part» для конкретной доли. Схема работы алгоритма извлечения данных из изображения-контейнера представлена на рис. 2.

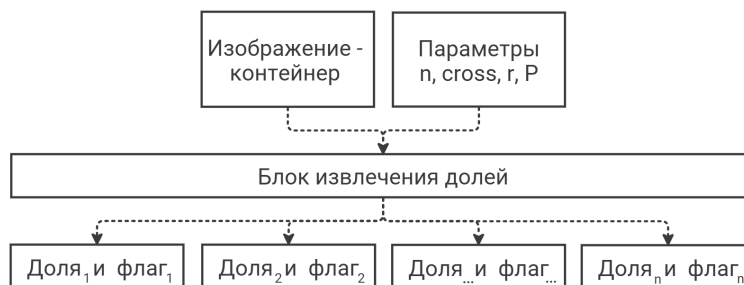


Рис. 2. Схема работы алгоритма извлечения долей

**Алгоритм восстановления секрета.** Этот алгоритм получает в качестве входных параметров корректные извлеченные доли секрета ( $h$  штук,  $k \leq h \leq n$ ) и параметр  $P$ , сгенерированный при встраивании данных в стегоконтейнер.

В процессе восстановления секрета условно восстанавливается матрица поддолей ( $Y$ ), которая была получена в алгоритме формирования долей, встраиваемых в стегоконтейнер, и формируется матрица ( $X$ ), состоящая из элементов  $x_{(ij)} = i'$ ,  $i \in [0, h)$ ,  $i' \in [1, h]$ ,  $j \in [0, S')$ ,  $S'$  — размер секрета. На основе этих матриц, согласно схеме Шамира, восстанавливаются байты секрета. Полученная цепочка байт преобразуется в цепочку символов, согласно кодировке Windows-1251. Блок восстановления секрета возвращает в интерфейс программы восстановленный секрет. Схема работы алгоритма восстановления представлена на рис. 3.

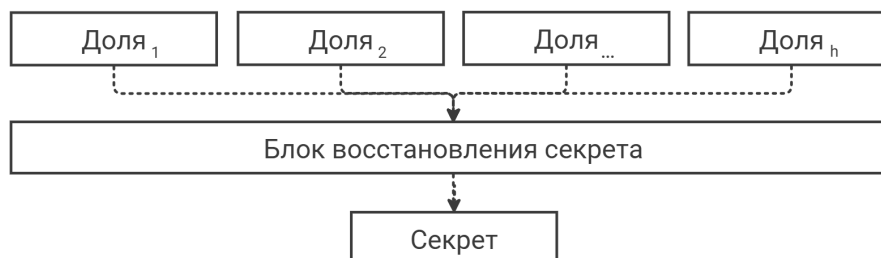


Рис. 3. Схема работы алгоритма восстановления секрета

**О программной реализации.** Описанные выше алгоритмы, реализующие гибридный метод защиты данных, программно реализованы в виде монолита на языке JavaFx Script с использованием среды разработки GigaIDE. Реализован ряд основных методов, среди которых: метод встраивания данных; метод извлечения данных; метод восстановления секрета; метод, реализующий  $(k, n)$ -пороговую схему Шамира; метод, возвращающий перемешанные координаты пикселей в  $i$ -й полосе изображения,  $i \in [0, n)$ ; методы, отвечающие за работу с элементами поля Галуа  $GF(P)$ ; метод, вычисляющий CRC-код для доли, а также некоторые другие вспомогательные методы. На построенное программное средство получено свидетельство о государственной регистрации [5].

**Эксперименты.** С использованием программного средства, реализующего гибридную схему защиты данных, был проведен ряд тестов, проверяющих степень устойчивости встроенной информации к повреждениям изображения-контейнера. В ходе экспериментов в качестве стегоконтейнера был использован набор из 9 разных изображений размером  $1024 \times 1024$  пикселя формата PNG. В качестве встраиваемого сообщения выбирались случайные последовательности длиной 90 символов с помощью онлайн-сервиса [6]. Все тесты можно разделить на несколько групп, для каждой из которых параметры  $P$  (число элементов в поле),  $n$  (общее число долей),  $k$  (минимально необходимое число долей для восстановления секрета),  $r$  (количество повторных встраиваний одного бита данных) — вариативны. Параметры  $q$  (энергия встраиваемого сигнала) и  $cross$  (размер крестообразной окрестности пикселя) — фиксированы, равны соответственно 0,4 и 3.

Тесты проведены для 4 видов модификаций заполненного стегоконтейнера: обрезка изображения сверху и снизу, осветление изображения, наложение водяного знака, наложение шума. Для наложения водяного знака на изображение использовался онлайн-сервис [7], для осветления и наложения шума использовался онлайн-сервис [8]. В таблицах с результатами (таблица 2, таблица 3, таблица 4) зеленым и красным цветом помечена возможность или невозможность восстановления секрета по извлеченным долям соответственно. При занесении данных в таблицы результатов тестирования корректность извлеченных долей определялась по флагу.

В стегоконтейнеры внедрялись сообщения с разными параметрами встраивания данных, всего получилось 9 типов изображений с разным процентом модифицированных пикселей (таблица 1). Только для стегоконтейнера с параметрами  $n = 32$ ,  $k = 8$ ,  $r = 16$ ,  $P$  — простое число в диапазоне [257,2039], для остальных случаев простое число  $P$  лежит в диапазоне [257,3571].

Таблица 1

Процент заполненности стегоконтейнера в зависимости от параметров встраивания

Сила встраивания	Количество встраиваний 1 бита данных	Процент измененных пикселей для $n = 8$ , $k = 2$	Процент измененных пикселей для $n = 16$ , $k = 4$	Процент измененных пикселей для $n = 32$ , $k = 8$
0,4	4	6,7 %	12,2 %	26,7 %
0,4	8	13,3 %	24,5 %	49,0 %
0,4	16	24,5 %	49,0 %	97,9 %

Первый тип тестов — обрезка изображения. Из-за того, что встраивание бит данных производится в случайные пиксели соответствующих полос, восстановление хоть какой-нибудь полезной информации даже при малом проценте обрезки (3,125 % — это 32768 пикселя) оказалось невозможным для всех заполненных стегоконтейнеров.

Второй тип тестов — осветление изображения. Результаты тестов показывают, что сообщение, встроенное гибридным методом защиты данных, устойчиво к применению эффекта осветления к стегоконтейнеру даже при высокой силе эффекта (таблица 2).

Таблица 2

Устойчивость данных, встроенных по гибричному методу, к осветлению изображения

Количество встраиваний одного бита данных	4				8				16			
	5	20	35	50	5	20	35	50	5	20	35	50
Сила эффекта осветления	5	20	35	50	5	20	35	50	5	20	35	50
Количество восстановленных долей при $n = 8, k = 2$	8	7	0	0	8	6	6	6	8	8	8	8
Количество восстановленных долей при $n = 16, k = 4$	16	16	16	14	16	16	16	16	16	16	16	16
Количество восстановленных долей при $n = 32, k = 8$	30	30	20	15	32	32	32	32	32	32	32	32

Важно отметить, что стегоконтейнер с параметрами  $n = 8, k = 2, r = 4$  имел много групп пикселей, являющихся оттенками белого и серого. При осветлении изображения с силой 35 и 50 все эти группы различных пикселей стали одинаково белыми — утратилась разница между ними. А так как при извлечении данных из стегоконтейнера метод КДБ восстанавливает бит данных путем предсказания исходного значения пикселя на основе значений соседних пикселей — утрата разницы между соседними пикселями приводит к потере данных.

Третий тип тестов — наложение водяного знака. Так же, как и в случае с осветлением изображения, данные, встроенные в контейнер по гибричному методу, устойчивы к «повреждению» контейнера водяным знаком (таблица 3).

Таблица 3

Устойчивость данных, встроенных по гибричному методу, к наложению водяного знака

Количество встраиваний одного бита данных	4				8				16			
	7,7	13,7	20,5	26,5	7,7	13,7	20,5	26,5	7,7	13,7	20,5	26,5
Процент поврежденных пикселей	7,7	13,7	20,5	26,5	7,7	13,7	20,5	26,5	7,7	13,7	20,5	26,5
Количество восстановленных долей при $n = 8, k = 2$	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Количество восстановленных долей при $n = 16, k = 4$	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Количество восстановленных долей при $n = 32, k = 8$	32	32	32	32	32	32	31	32	32	32	32	32

Четвертый тип тестов — наложение фильтра шума. По результатам этих испытаний можно заключить, что, в целом, данные, встроенные в контейнер по гибричному методу, устойчивы к повреждению фильтром шума с силой примерно до 30 единиц (таблица 4).

Таблица 4

Устойчивость данных, встроенных по гибричному методу, к наложению фильтра шума

Количество встраиваний одного бита данных	4			8			16		
	15	30	45	15	30	45	15	30	45
Количество восстановленных долей при $n = 8, k = 2$	8	8	0	8	8	1	8	8	7
Количество восстановленных долей при $n = 16, k = 4$	16	16	3	15	10	0	15	13	11
Количество восстановленных долей при $n = 32, k = 8$	30	23	0	32	15	4	32	32	7

Также, исходя из результатов тестов четвертого типа, можно предположить, что количество встраиваемых долей точно не прямо пропорционально количеству извлекаемых долей. Это видно из процентного соотношения восстановленных долей к общему числу встраиваемых долей для каждого эксперимента (таблица 5).

Таблица 5

Устойчивость данных, встроенных по гибричному методу, к наложению фильтра шума. Процентное соотношение восстановленных долей к общему числу встроенных долей

Количество встраиваний одного бита данных	4			8			16		
	15	30	45	15	30	45	15	30	45
Процент восстановленных долей при $n = 8, k = 2$	100	100	0	100	100	13	100	100	88
Процент восстановленных долей при $n = 16, k = 4$	100	100	19	94	63	0	94	81	69
Процент восстановленных долей при $n = 32, k = 8$	94	72	0	100	47	13	100	100	22

**Заключение.** В результате работы создано программное средство, реализующее гибридный метод защиты данных, который объединяет пороговое разделение секрета и стеганографию. Цель разработки и апробации программы достигнута.

Программа [5] поддерживает схему Шамира с настраиваемыми параметрами, а также стеганографический метод Куттера-Джордана-Боссена. Это делает её эффективным инструментом для исследований. Работоспособность компонентов подтверждена экспериментально.

**Список литературы**

1. Грибунин В. Г., Оков И. Н., Туринцев И. В. *Цифровая стеганография*. Москва: СОЛОН-Пресс; 2025. 262 с.
2. Шелухин О. И., Канаев С. Д. *Стеганография. Алгоритмы и программная реализация*. Москва: Горячая линия. Телеком; 2024. 592 с.
3. Вишневская Т.И., Уточкина Н.В. Стеганографический метод, устойчивый к повреждению данных. *Математические структуры и моделирование*. 2020;(1):37–43.
4. Мироненко А.Н. Метод применения (Т, N) пороговой схемы в стеганографии. *Математические структуры и моделирование*. 2018;(2(46)):157–166. <https://doi.org/10.25513/2222-8772.2018.2.157-166>
5. Могилевская Н.С., Терещенко О.В. *StegoShare: программа стеганографического сокрытия данных с использованием пороговых схем разделения секрета*. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025691720.

6. *Онлайн-сервис для генерации случайной последовательности символов.* Code More!  
URL: <https://codemore.ru/2017/07/11/random.html> (дата обращения: 31.01.2026).

7. *Онлайн-сервис для наложения водяного знака на изображение.* BatchTools.pro.  
URL: <https://batchtools.pro/ru/watermark> (дата обращения: 31.01.2026).

8. *Онлайн-сервис для осветления изображения и наложения фильтра шума.* Anytools.pro.  
URL: <https://anytools.pro/ru/img/editor/noise> (дата обращения: 31.01.2026).

**Об авторах:**

**Надежда Сергеевна Могилевская**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Алгебра и дискретная математика» Института механики, математики и компьютерных наук Южного федерального университета (344090, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8а), [nmogilevskaya@sfedu.ru](mailto:nmogilevskaya@sfedu.ru)

**Олег Витальевич Терешенко**, магистрант кафедры «Алгебра и дискретная математика» Института механики, математики и компьютерных наук Южного федерального университета (344090, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 8а), [teresh@sfedu.ru](mailto:teresh@sfedu.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

**About the Authors:**

**Nadezhda S. Mogilevskaya**, Master's Degree Student of the Department of Algebra and Discrete Mathematics, Institute of Mechanics, Mathematics, and Computer Science of the Southern Federal University (8a Milchakova Str., Rostov-on-Don, 344090, Russian Federation), [teresh@sfedu.ru](mailto:teresh@sfedu.ru)

**Oleg V. Tereshchenko**, Master's Degree Student of the Department of Algebra and Discrete Mathematics, Institute of Mechanics, Mathematics, and Computer Science of the Southern Federal University (8a Milchakova Str., Rostov-on-Don, 344090, Russian Federation), [teresh@sfedu.ru](mailto:teresh@sfedu.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 621.9.04:612

### Биофизические основы и расчет режимов сверления костной ткани

М.Ю. Ищенко, И.Д. Попов, Н.В. Авилова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Разработана теоретико-расчётная методика определения оптимальных режимов сверления кортикальной кости с учётом механических характеристик и требований по ограничению теплового воздействия. На основе справочных данных по обработке материалов и выбранного технологического аналога — титанового сплава ВТ1 — предложены формулы для расчёта скорости резания, частоты вращения, крутящего момента и мощности для сверл диаметром 1–8 мм. Полученные ориентировочные режимы представлены в таблице 1 и рассмотрены с точки зрения минимизации риска термического повреждения ткани. Результаты предназначены для использования в качестве исходной базы при планировании экспериментальных исследований и техническом проектировании оборудования; клиническое применение требует дополнительной in-vitro / in-vivo валидации.

**Ключевые слова:** кортикальная кость, сверление, режимы резания, хирургический инструмент, остеосинтез, имплантология, крутящий момент, мощность резания

**Для цитирования.** Ищенко М.Ю., Попов И.Д., Авилова Н.В. Биофизические основы и расчет режимов сверления костной ткани. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):97–100.

### Biophysical Principles and Drilling Mode Calculations for the Bone Tissue

Maksim Y. Ishenko, Ivan D. Popov, Natalia V. Avilova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

A theoretical and computational methodology for determining optimal modes for drilling the cortical bone have been developed, taking into account the mechanical characteristics and thermal exposure limitation requirements. Using reference data on material processing and the selected technological analogue—VT1 titanium alloy—the formulas for calculating cutting speed, rotation frequency, torque, and power for the drills with diameters of 1–8 mm have been proposed. The obtained referential drilling modes have been presented in Table 1, and have been studied with regard to minimizing the risk of thermal damage to the tissue. The results are intended to serve a source base for planning experimental research and designing the equipment; for clinical implementation, additional in-vitro/in-vivo validation is required.

**Keywords:** cortical bone, drilling, cutting modes, surgical instrument, osteosynthesis, implantology, torque, cutting power

**For Citation.** Ishenko MY, Popov ID, Avilova NV. Biophysical Principles and Drilling Mode Calculations for the Bone Tissue. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):97–100.

**Введение.** Костная ткань человека представляет собой сложную биологическую структуру с выраженной структурной и функциональной анизотропией; её механические и тепловые свойства существенно варьируют в зависимости от локализации, возраста и состояния организма. Сверление кости — одна из ключевых операций в ортопедии, травматологии и челюстно-лицевой хирургии (установка имплантатов, остеосинтез и др.), и именно при этой процедуре наибольшее клиническое значение имеют контроль механических нагрузок и минимизация теплового воздействия на ткань.

Неправильный выбор режимов сверления может приводить к повышенному нагреву в зоне контакта инструмента с тканью, образованию микротрещин и снижению остеоинтеграции имплантатов, что в конечном итоге ухудшает клинический прогноз. Классические исследования показывают, что превышение критических температур и/или длительное их воздействие вызывают необратимые изменения в костной ткани [1].

Механические характеристики кортикальной и губчатой костей существенно различаются: кортикальная (компактная) кость характеризуется более высокой плотностью и прочностью по сравнению с губчатой. Эти различия делают некорректным прямое применение промышленных справочных режимов металлообработки к клиническим задачам без учёта биофизических особенностей ткани. При этом в литературе имеются как экспериментальные исследования температурного поля при сверлении, так и инженерные справочники режимов обработки материалов, но широко признанной комплексной методики расчёта режимов сверления, одновременно учитывающей механические и тепловые критерии применительно к кортикальной кости, недостаточно [2].

Цель работы — разработать методику расчёта оптимальных режимов сверления кортикальной костной ткани с учётом механических и тепловых факторов. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- подобрать технологический аналог кортикальной костной ткани с сопоставимыми инженерными характеристиками;
- на основе справочных формул рассчитать режимы сверления (скорость резания, подача, частота вращения) для инструментов диаметром 1–8 мм;
- сформулировать практические рекомендации для применения в техническом обеспечении хирургических операций и обозначить ограничения предложенной методики, требующие экспериментальной валидации.

**Основная часть.** Для приближённого моделирования механического поведения кортикальной кости в расчётах были подобраны металлические сплавы, позволяющие использовать справочные зависимости режимов резания. Это допущение сделано в целях применения доступных эмпирических формул и таблиц по металлообработке [2]; при интерпретации результатов необходимо учитывать ограничения такого подхода и различия физических свойств реальной кости и выбранных материалов.

Для имитации кортикальной кости в расчётах выбран титановый сплав ВТ1 [5]. ВТ1 используется здесь как технологический аналог, позволяющий применять справочные зависимости режимов резания и инженерные методы расчёта. Следует подчеркнуть, что ВТ1 имеет более высокую плотность и прочностные характеристики по сравнению с кортикальной костью [5]; поэтому результаты расчётов рассматриваются как ориентировочные и требуют экспериментальной валидации на биологическом материале [1]. При интерпретации следует учитывать различия по плотности, теплопроводности и модулю упругости, которые могут влиять на тепловые и механические эффекты процесса сверления.

Расчёт режимов сверления проводился на основе справочных формул и таблиц по режимам резания с учётом выбранного технологического аналога (ВТ1). В качестве исходных данных использованы табличные значения для титанов и поправочные коэффициенты, рекомендованные в справочниках по металлообработке [2]. Обозначения переменных и единицы измерения даны непосредственно под каждой формулой.

Скорость резания

$$v = \frac{C_v D^{z_v} k_v}{T^m s^{y_v}}, \quad (1)$$

где  $v$  — скорость резания, м/мин;  $C_v$  — коэффициент, зависящий от материала;  $D$  — диаметр сверла, мм;  $k_v$  — общий поправочный коэффициент;  $T$  — период стойкости инструмента, мин;  $s$  — подача, мм/об;  $z_v, m, y_v$  — показатели степени.

Частота вращения

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D}, \quad (2)$$

где  $n$  — частота вращения шпинделя, об/мин;  $v$  — скорость резания, м/мин;  $D$  — диаметр сверла, мм. Крутящий момент.

$$M_{кр} = 10 C_m \cdot v^{-0,15} D^{1,9} \cdot s^{0,8}, \quad (3)$$

где  $M_{кр}$  — крутящий момент, Н·м;  $C_m$  — коэффициент, зависящий от материала;  $v$  — скорость резания, м/мин;  $D$  — диаметр сверла, мм;  $s$  — подача, мм/об. Мощность резания

$$N = \frac{2 M_{кр} \cdot V}{D \cdot 60}, \quad (4)$$

где  $N$  — мощность резания, кВт;  $M_{кр}$  — крутящий момент, Н·м;  $V$  — скорость резания, м/мин;  $D$  — диаметр сверла, мм.

Ниже приведён пример расчёта для сверла диаметром 3 мм. Подробные исходные таблицы и параметры (период стойкости, подача и т.п.) указаны вместе с формулами. Данные по подаче и периоду стойкости взяты из справочных таблиц по титановым сплавам [2]:  $C_v = 4,2$ ;  $D = 3$  мм;  $k_v = 0,45$  (поправочный коэффициент);  $T = 6$  мин (период стойкости);  $s = 0,03$  мм/об (подача); Показатели степени:  $z_v = 0,7$ ,  $m = 0,5$ ,  $y_v = 0,6$ .

$$v = \frac{4,2 \cdot 3^{0,7} \cdot 0,45}{6^{0,5} \cdot 0,03^{0,6}} = 13,6 \text{ м/мин.}$$

Пример расчета для сверления кортикальной кости сверлом диаметром 3 мм:  $v = 13,6$  м/мин (рассчитано выше);  $D = 3$  мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 30,3}{\pi \cdot 3} = 1444 \text{ об/мин.}$$

Пример расчета для сверления кортикальной кости сверлом диаметром 3 мм:  $C_m = 0,06$ ;  $v = 13,6$  м/мин;  $D = 3$  мм;  $s = 0,03$  мм/об.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,06 \cdot 13,6^{-0,15} \cdot 3^{1,9} \cdot 0,03^{0,8} = 0,198 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Пример расчета для сверления кортикальной кости сверлом диаметром 3 мм:  $M_{кр} = 0,198$  Н·м;  $v = 13,6$  м/мин;  $D = 3$  мм.

$$N = \frac{2 \cdot 0,175 \cdot 30,33}{3 \cdot 60} = 0,03 \text{ кВт.}$$

Анализ полученных данных показал устойчивую закономерность: при увеличении диаметра инструмента оптимальная частота вращения шпинделя снижается. Это напрямую связано с требованием сохранения заданной окружной (линейной) скорости резания при разных диаметрах инструмента. Одновременно крутящий момент и мощность резания возрастают, что следует учитывать при выборе оборудования и систем охлаждения/иригации.

Полученные значения частоты вращения от 834 до 2459 об/мин попадают в пределы, рекомендуемые производителями хирургических микромоторов, и приведены здесь для ориентировки. Практическое применение данных режимов должно согласовываться с клиническими протоколами и инструкциями производителей оборудования [4].

Рассчитанные ориентировочные режимы сверления для кортикальной кости (модель — BT1) сведены в таблицу 1. В таблице указаны используемые единицы измерения и исходные справочные параметры (период стойкости, подача и т.п.) [2,5]. Примечание: значения в таблице носят ориентировочный характер и требуют экспериментальной проверки при применении к биологическому материалу.

Таблица 1

Режимы сверления кортикальной кости (сплав BT1)

Диаметр сверла, мм	Период стойкости, мин	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Крутящий момент, Н·м	Мощность, кВт
1	4	0,03	7,72	2459	0,027	0,0069
2	4	0,03	12,55	1998	0,093	0,0194
3	6	0,03	13,60	1444	0,198	0,0299
4	6	0,03	16,64	1325	0,332	0,0460
5	6	0,03	19,45	1239	0,495	0,0642
6	8	0,03	19,14	1016	0,702	0,0746
7	8	0,03	21,32	970	0,925	0,0939
8	10	0,03	20,93	834	1,196	0,1043

Предложенные расчётные режимы представляют практический интерес для проектирования инструментов и разработки технологических рекомендаций, однако их применение в клинике должно опираться на результаты экспериментов по измерению температурного поля и морфологической оценке ткани при реальном сверлении. В частности, требуются in-vitro и/или in-vivo исследования, в которых расчётные оценки сопоставляются с реальными измерениями температуры и уровнем микроповреждений [1,3].

**Заключение.** В работе представлена методика определения ориентировочных режимов сверления кортикальной кости на основе справочных зависимостей и выбранного технологического аналога — сплава ВТ1. Выполненные расчёты позволяют получить практические ориентиры по скорости резания, частоте вращения, крутящему моменту и мощности для инструментов диаметром 1–8 мм.

При интерпретации полученных результатов необходимо учитывать, что ВТ1 выступает именно как технологический, а не биологический аналог: его плотность и прочностные параметры выше, чем у кортикальной кости, что способно влиять на переносимость расчётных значений на живую ткань [5]. Поэтому предложенные режимы следует рассматривать как исходную рабочую основу, нуждающуюся в дополнительной экспериментальной валидации (in-vitro и/или in-vivo) — в частности, посредством прямых измерений температурного поля и оценки морфологических изменений в ткани [1, 3].

Практические рекомендации: при использовании рассчитанных режимов следует учитывать особенности конкретного инструмента и оборудования, параметры ирригации/охлаждения и клинические протоколы; при значительном расхождении механических свойств образца с костью требуется корректировка режимов и проведение экспериментальной проверки.

### Список литературы

1. Eriksson A, Albrektsson T. Temperature Threshold Levels for Heat-Induced Bone Tissue Injury: A Vital-Microscopic Study in the Rabbit. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1983;50(1):101–107. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(83\)90174-9](https://doi.org/10.1016/0022-3913(83)90174-9)
2. Абрамов Ф.Н., Коваленко В.В., Любимов В.Е. и др. *Справочник по обработке металлов резанием*. Киев: Техника; 1983. URL: [https://www.studmed.ru/abramov-fn-kovalenko-vv-lyubimov-ve-i-dr-spravochnik-po-obrabotke-metallov-rezaniem\\_8a8b170e1df.html](https://www.studmed.ru/abramov-fn-kovalenko-vv-lyubimov-ve-i-dr-spravochnik-po-obrabotke-metallov-rezaniem_8a8b170e1df.html) (дата обращения: 09.02.2026).
3. Islam MA, Kamarrudin NS, Daud R, Mohd Noor SNF, Azmi AI, Razlan ZM. A Review of Surgical Bone Drilling and Drill Bit Heat Generation for Implantation. *Metals*. 2022;12(11):1900. <https://doi.org/10.3390/met12111900>
4. NSK Surgic Pro. *Хирургическая микромоторная система: техническая документация производителя*. Nakanishi Inc. (NSK); 2024. URL: <https://www.nskdental.com/products/surgical/surgical-surgicpro2/> (дата обращения: 10.02.2026).
5. ГОСТ 19807-91. *Сплавы титановые деформируемые*. Технические условия. Взамен ГОСТ 19807-74; введ. 1993–01–01. Москва: Издательство стандартов; 1991. 64 с.

### Об авторах:

**Максим Юрьевич Ищенко**, студент кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1) [ishenck0m@yandex.ru](mailto:ishenck0m@yandex.ru)

**Иван Денисович Попов**, студент кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [popovivan2016brat@yandex.ru](mailto:popovivan2016brat@yandex.ru)

**Наталья Васильевна Авилова**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [navilova@donstu.ru](mailto:navilova@donstu.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

### About the Authors:

**Maksim Y. Ishenko**, Student of the Instrumentation and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ishenck0m@yandex.ru](mailto:ishenck0m@yandex.ru)

**Ivan D. Popov**, Student of the Instrumentation and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [popovivan2016brat@yandex.ru](mailto:popovivan2016brat@yandex.ru)

**Natalia V. Avilova**, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the Instrumentation and Biomedical Engineering Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [navilova@donstu.ru](mailto:navilova@donstu.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 519.2

### Математическая модель для оценки индекса физической активности человека на основе суточных данных пульса

М.К. Суханов, М.М. Сябро, Н.В. Лимаренко

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Обоснована актуальность разработки математической модели для персонализированной оценки суточной физической активности человека. На основе методов математической статистики предложена математическая модель, позволяющая вычислять коэффициент физической активности с учетом индивидуальных физиологических особенностей. Коэффициент рассчитывается на основе данных суточного мониторинга частоты сердечных сокращений по данным измерений пульса. Представленная модель создает основу для последующей алгоритмизации и интеграции в носимые цифровые устройства. Применение модели позволит повысить точность и степень персонализации нормирования нутриентов по сравнению с классическими методами.

**Ключевые слова:** математическая модель, коэффициент физической активности, суточный мониторинг пульса, суточное мониторирование ЧСС, нормирование нутриентов

**Для цитирования.** Суханов М.К., Сябро М.М., Лимаренко Н.В. Математическая модель для оценки индекса физической активности человека на основе суточных данных пульса. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):101–103.

### Mathematical Model for Estimating a Person's Physical Activity Index Based on 24-Hour Pulse Data

Maxim S. Sukhanov, Margarita M. Syabro, Nikolay V. Limarenko

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The relevance of developing a mathematical model for personalized estimation of daily physical activity of a person has been substantiated. Using the methods of mathematical statistics, a mathematical model for calculating a physical activity index taking into account individual physiological features has been created. The index is calculated based on the data of 24-hour cardiac rate monitoring based on pulse measurements. The presented model can serve a basis for further algorithmization and integration into wearable digital devices. The application of the model will improve the accuracy and degree of personalization in setting nutritional norms compared to the traditional methods.

**Keywords:** mathematical model, physical activity index, 24-hour pulse monitoring, 24-hour cardiac rate monitoring, setting nutritional norms

**For Citation.** Sukhanov MK, Syabro MM, Limarenko NV. Mathematical Model for Estimating a Person's Physical Activity Index Based on 24-Hour Pulse Data. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):101–103.

**Введение.** В контексте реализации «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 года» и национального проекта «Новые технологии сохранения здоровья» особую значимость приобретает разработка инновационных интеллектуальных систем персонализированного контроля состояния организма. Одним из приоритетных направлений в области медицины выступает обеспечение качественного питания, которое определяется не только характеристиками продуктов, но и адекватным объемом нутриентов, поступающих в организм. Согласно сведениям Минздрава РФ, число зарегистрированных случаев заболеваний эндокринной системы, алиментарных расстройств и нарушений обмена веществ демонстрирует стабильный рост. Нормализация баланса микро- и макроэлементов, а также потребление биологически ценных продуктов позволяют существенно

повысить эффективность проводимой терапии и улучшить общее самочувствие [1, 2]. Индивидуальная потребность в нутриентах детерминирована не только гендерными признаками, возрастом и метаболическими особенностями, но и уровнем физической активности. Если физиологические параметры конкретного субъекта относительно статичны, то показатели активности подвержены значительным колебаниям.

Традиционно для установления степени влияния нагрузок на потребность в питательных веществах применяется корректирующий коэффициент физической активности. Существующие методики его оценки базируются на использовании таблицы соответствия видов деятельности и энергозатрат. Подобный подход характеризуется низкой точностью вследствие субъективности анализа интенсивности работы. Кроме того, таблица соответствий не учитывает специфику реакций конкретного организма на определенные физические воздействия. В связи с этим актуализируется разработка математической модели для персонализированного вычисления коэффициента активности по контролируемым физиологическим дескрипторам. При лонгитюдном мониторинге наиболее доступным и информативным индикатором нагруженности выступает динамика частоты сердечных сокращений (ЧСС), регистрируемая по пульсовой волне посредством носимых устройств.

Следовательно, непрерывный контроль ЧСС в течение суток позволяет автоматизировать определение указанного параметра. Цель исследования — предложить математическую модель для автоматизированной оценки коэффициента физической активности человека на основе данных суточного мониторинга пульса.

**Основная часть.** Теоретическим инструментарием работы послужили методы математической статистики. Результаты суточной регистрации ЧСС анализируются с помощью дескриптивной статистики путем расчета среднего арифметического значения за каждые 60 секунд. Полученный массив распределяется по шкале, включающей 10 пульсовых зон с равными интервалами между граничными значениями. Для каждого диапазона вычисляется суммарное количество попаданий ЧСС в соответствующий интервал. Данное распределение точек измерения интерпретируется как длительность нагрузки в минутах.

Шкала зон формируется персонализировано. Для повышения репрезентативности по итогам первого цикла мониторинга фиксируется максимальное значение пульса (ЧСС<sub>макс</sub>) при интенсивной нагрузке и минимальный показатель (ЧСС<sub>мин</sub>), зафиксированный в фазе глубокого сна. Диапазон между экстремумами делится на 10 сегментов с шагом 10 %. Верхние границы значений пульсовых зон (ЧСС<sub>*i*</sub><sup>гран.</sup> для *i*-ой зоны) рассчитываются по формуле (1):

$$ЧСС_i^{gran.} = ЧСС_{мин.} + (i \times 0,1 \times (ЧСС_{макс.} - ЧСС_{мин.})), \quad (1)$$

где *i* — номер пульсовой зоны от 0 до 10.

В ходе исследования предложена математическая модель, полученная эмпирическим путем и позволяющая на основе данных суточного мониторинга пульса человека вычислить коэффициент физической активности человека.

Количество точек данных суточного мониторинга определяет суммарную длительность измерений (*T*) в минутах. Коэффициент физической активности (*K*) определяется по формуле (2):

$$K = 1 + \frac{\sum_{i=1}^{10} (0,1 \times i \times t_i)}{T}, \quad (2)$$

где *K* — безразмерная величина в интервале от 1 до 2, включительно; *T* — длительность измерений в минутах; *i* — номер зоны пульса от 0 до 10; *t<sub>i</sub>* — суммарная продолжительность времени, при котором ЧСС находился в *i*-ой зоне пульса.

При данном подходе значимость вклада нагрузки определяется номером зоны — чем выше индекс, тем существеннее влияние на расчетный показатель. Величина вклада коррелирует с ростом номера *i* линейно. Корректировка значений ККК до диапазона 1–2 повышает применимость модели для практических задач, например, при расчете потребности в нутриентах.

**Заключение.** Предложенная модель позволяет вычислить индекс активности с учетом персональных особенностей на основе мониторинга ЧСС. Модель обладает потенциалом автоматизации благодаря использованию носимых цифровых устройств, таких как смарт-часы и фитнес-трекеры. Алгоритмизация решения позволит повысить точность расчетов в сравнении с классическим ручным сопоставлением данных, где используется типовая таблица. Уточнение индекса актуально для нормирования питания, поэтому дальнейшие изыскания будут направлены на интеграцию модели в программное обеспечение носимых гаджетов.

#### Список литературы

1. Мастерова С.Н. Экономический аспект важности сбалансированного питания: снижение нагрузки на здравоохранение. Устойчивость демографического развития: детерминанты и ресурсы. В: *Сборник научных*

статей. Екатеринбург, 2024. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН; 2024. С. 590–598. <https://doi.org/10.17059/udf-2024-6-2>

2. Должикова Х.В. Правильное питание как основной аспект здорового образа жизни. *Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования*. 2021;(13):56–60. <https://doi.org/10.36683/2500-249X/2021-13/56-60>

**Об авторах:**

**Максим Константинович Суханов**, магистрант кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [suhanov\\_mk@mail.ru](mailto:suhanov_mk@mail.ru)

**Маргарита Михайловна Сябро**, магистрант кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [syabro.margo@mail.ru](mailto:syabro.margo@mail.ru)

**Николай Владимирович Лимаренко**, доктор технических наук, профессор кафедры «Приборостроение и биомедицинская инженерия» Донского государственного технического университета (344000, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [nlimarenko@donstu.ru](mailto:nlimarenko@donstu.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

**About the Authors:**

**Maxim S. Sukhanov**, Master's Degree Student of the Department of Instrumentation and Biomedical Engineering, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation), [suhanov\\_mk@mail.ru](mailto:suhanov_mk@mail.ru)

**Margarita M. Syabro**, Master's Degree Student of the Department of Instrumentation and Biomedical Engineering, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation), [syabro.margo@mail.ru](mailto:syabro.margo@mail.ru)

**Nikolay V. Limarenko**, Dr.Sci. (Engineering), Professor of the Department of Instrumentation and Biomedical Engineering, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation), [nlimarenko@donstu.ru](mailto:nlimarenko@donstu.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 004.94

### Развитие методов проектирования BIM моделирования

А.П. Пирожникова, Т.Л. Пирожникова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В статье обосновывается актуальность перехода от традиционных методов проектирования к технологии информационного моделирования (BIM) в условиях цифровой трансформации строительной отрасли. Цель работы заключается в описании преимуществ внедрения BIM-технологий и анализе динамики их развития с учётом современных реалий 2026 года. Исследование выполнено на основе аналитических данных международных и отечественных источников, включая обновлённые отчёты профильных агентств и актуальные данные об уровне импортозамещения программного обеспечения в Российской Федерации. В результате выявлены ключевые факторы роста мирового рынка BIM, определены отрасли с высокой степенью зависимости от иностранного ПО на этапе активного перехода на отечественные решения, а также приведены примеры российских программных продуктов, обеспечивающих технологическую независимость и интеграцию с государственными информационными системами. Практическая значимость работы обусловлена возможностью использования полученных выводов для обоснования стратегии внедрения отечественного ПО в проектные организации и формирования образовательных программ в области информационного моделирования.

**Ключевые слова:** информационные технологии, BIM-моделирование, информационное моделирование, BIM-технологии, проектирование, импортозамещение, цифровой двойник, искусственный интеллект в строительстве

**Для цитирования.** Пирожникова А.П., Пирожникова Т.Л. Развитие методов проектирования BIM моделирования. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):104–109.

### Development of Design Methods Based on BIM Technologies

Anastasia P. Pirozhnikova, Tatiana L. Pirozhnikova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article substantiates the relevance of transfer from traditional design methods to building information modeling (BIM) technologies in the context of digital transformation of the construction industry. The aim of the study is to determine the advantages of implementing BIM technologies and to analyse the dynamics of their development based on the current situation of the year 2026. The study relies on the analytical data obtained from the international and national sources, including the updated reports of the sector-specialised agencies and the most recent data on the level of import software substitution in the Russian Federation. As a result of the study, the key growth factors of the global BIM market have been identified, industries with a high degree of dependence on the foreign software in the period of active transition to national software have been determined, and the examples of the Russian software products that ensure technological independence and compatibility with the state information systems have been provided. The practical significance of the study is ascertained by the possibility of using these findings to substantiate the strategy for national software implementation in the work of design companies, and to develop the study programs in the field of information modeling.

**Keywords:** information technologies, BIM modeling, information modeling, BIM technologies, design, import substitution, digital twin, artificial intelligence in construction

**For Citation.** Pirozhnikova AP, Pirozhnikova TL. Development of Design Methods Based on BIM Technologies. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):104–109.

**Введение.** Интенсивное развитие информационных технологий и переход строительной отрасли к цифровым методам управления жизненным циклом объектов капитального строительства обусловили то, что BIM-технологии стали основой проектирования, строительства и эксплуатации. Если в начале 2020-х годов речь шла о переходе от традиционного черчения к 3D-моделированию, то к 2026 году отрасль уверенно оперирует понятиями «цифровой двойник», «единая цифровая среда» и «искусственный интеллект в управлении данными». Цикл BIM-детализации проекта, представленный на рис. 1, сегодня дополнен этапами постстроительного мониторинга и интеграции с государственными информационными системами (ГИС).

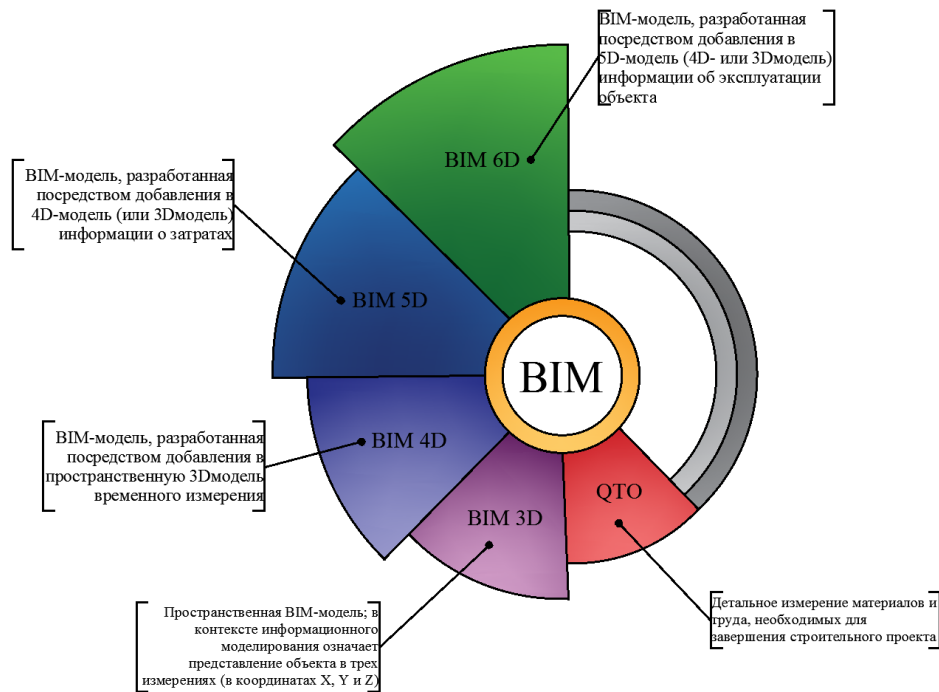


Рис. 1. Цикл BIM-детализации проекта

Цель данной статьи — описание преимуществ BIM-технологии, а также представление результатов анализа динамики её внедрения в проектирование в условиях сформировавшегося рынка отечественного ПО и новых вызовов 2026 года.

Данный подход позволяет объединять в едином проекте данные архитектуры, инженерных решений и экономических показателей, что способствует снижению числа ошибок и повышению эффективности инвестиций. Структура разделов проектно-строительной документации (рис. 2) за прошедшие годы была унифицирована в рамках национальных стандартов, что позволило упростить обмен данными между участниками [1].



Рис. 2. Разделы проектно-строительной документации

Каждый элемент информационной модели обладает набором технических параметров, доступных для настройки проектировщиком. Изменения, вносимые в любой элемент, автоматически синхронизируются во всех частях проекта, что обеспечивает оперативность и согласованность работы. В 2026 году ключевым трендом стала автоматическая проверка модели на коллизии с использованием нейросетевых алгоритмов, что сократило время экспертизы на 30–40 %.

**Основная часть.** Согласно ретроспективному анализу Allied Market Research, объём мирового рынка BIM в 2019 г. составлял 5,2 млрд долл. США, а к 2027 г. ожидался его рост до 15,6 млрд долл. США. Фактические данные за 2024–2025 гг. подтвердили прогнозные темпы роста: в 2025 году мировой рынок превысил 14 млрд долл., причём ключевыми драйверами стали государственные программы цифровизации (ЕС, Китай, страны Персидского залива) и внедрение BIM-мандатов для инфраструктурных проектов. На рис. 3 представлена динамика роста мирового рынка BIM-технологий с фактическими данными до 2025 года [2].

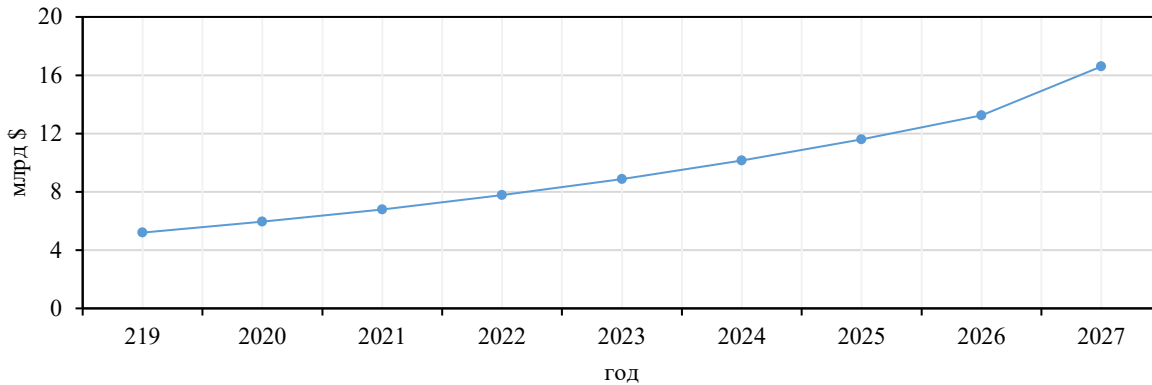


Рис. 3. Прогноз роста мирового рынка BIM технологий по данным Allied Market Research

В России с сентября 2020 г. на законодательном уровне были утверждены правила формирования и ведения информационной модели, а с 1 января 2022 г. применение BIM-технологий стало обязательным для объектов, возводимых по государственному заказу. К 2026 году данные требования были распространены также на объекты, реализуемые с привлечением бюджетных средств, на всех этапах их жизненного цикла, включая эксплуатацию. Постановление Правительства РФ № 1431 неоднократно актуализировалось: последняя редакция, принятая в декабре 2025 г., установила требования к передаче информационных моделей в государственную информационную систему «Стройкомплекс» и определила форматы обмена данными на основе открытых стандартов [3].

В условиях внешнего санкционного давления и завершения активной фазы импортозамещения в 2022–2025 гг. Россия достигла существенных результатов в обеспечении технологической независимости. Если в 2022 г. доля иностранного программного обеспечения в строительной отрасли превышала 60 %, то к началу 2026 года, по данным Минцифры и АНО «Цифровая экономика», она сократилась до 18–20 %. Критически зависимыми остаются лишь узкоспециализированные расчётные комплексы, по которым продолжается активная доработка отечественных аналогов (рис. 4, 5). Наиболее сложным направлением признаётся разработка отечественных решений для уникальных объектов и выполнения сложных инженерных расчётов, однако и в данной сфере отмечается положительная динамика благодаря взаимодействию консорциумов разработчиков и научных организаций [4].

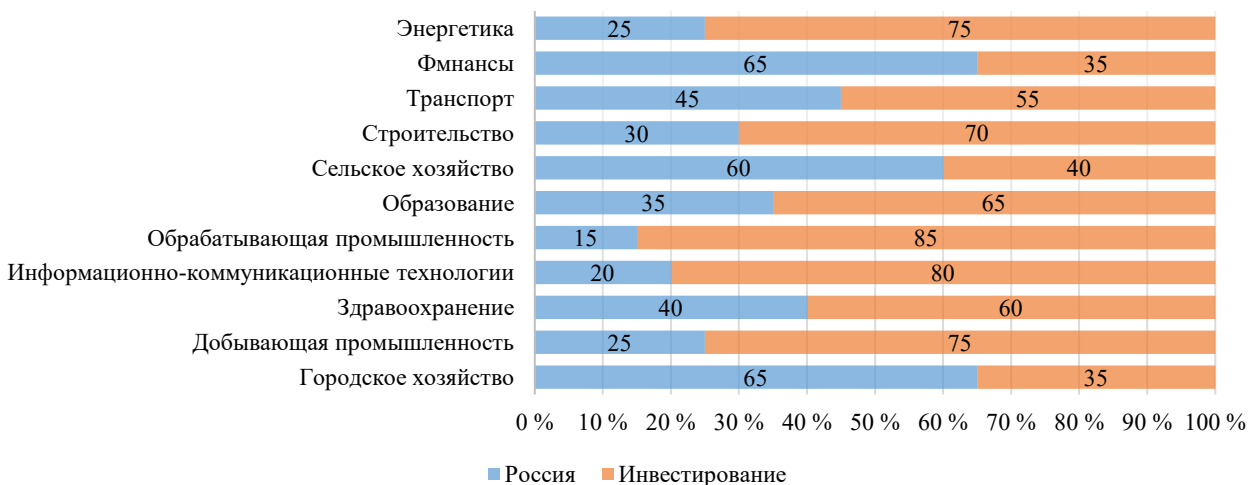


Рис. 4. Доля иностранного программного обеспечения по отраслевым направлениям

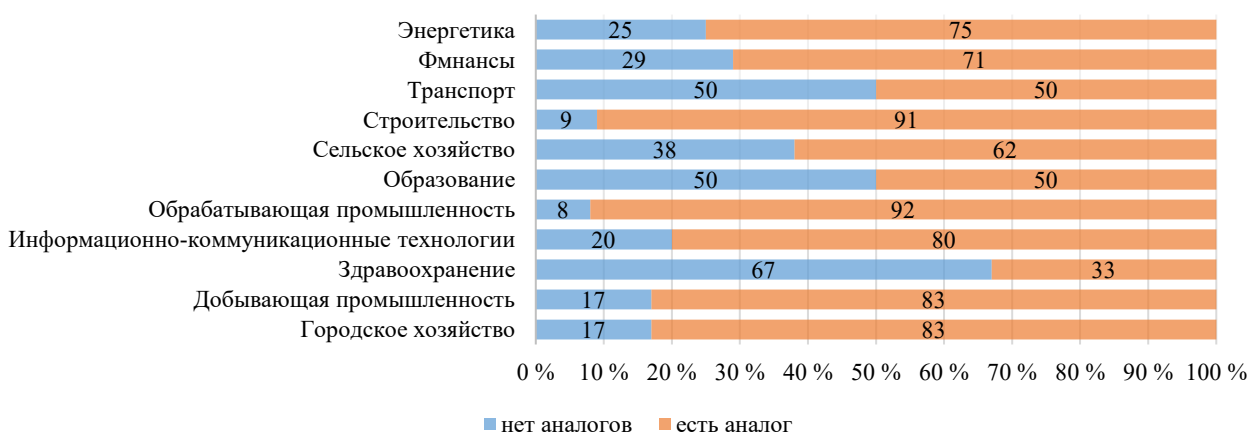


Рис. 5. Доля иностранного программного обеспечения, не имеющего аналогов в РФ

Премьер-министр РФ в ходе стратегических сессий 2024–2025 гг. отмечал, что задача импортозамещения в сегменте корпоративного программного обеспечения в целом решена, а акцент смещается на масштабирование отечественных решений, их взаимную интеграцию и подготовку квалифицированных кадров. Ежегодные затраты частного сектора на сопровождение программного обеспечения стабилизировались на уровне 120–150 млрд руб., причём основная их часть приходится на отечественных разработчиков [4].

В России сформировалась устойчивая экосистема разработчиков BIM-решений. Фрагмент актуализированной базы данных импортозамещения представлен в таблице 1. Ведущие продукты 2026 года:

- Model Studio CS (CSoft Development) — платформа, поддерживающая полный жизненный цикл промышленных объектов и интегрированная с системами государственной экспертизы;
- Renga (Renga Software, совместное предприятие «АСКОН» и «1С») — решение, охватывающее архитектурные, конструктивные и инженерные разделы, активно применяемое в образовательных учреждениях;
- nanoCAD BIM (Нанософт) — платформа, полностью переведённая на российские ядра и стандарты, поддерживающая импорт и экспорт в форматы, совместимые с международными стандартами, но не требующая лицензий зарубежных правообладателей;
- Pilot-BIM (АСКОН) — система организации совместной работы, обеспечивающая автоматическую сборку модели, проверку коллизий и работу с машиночитаемыми доверенностями.

Все указанные продукты в 2024–2026 гг. прошли этап адаптации к требованиям российских ГОСТов и СП, а также были интегрированы с ГИС ЕГРЗ (Единый государственный реестр заключений) и платформой «Госэкспертиза».

Таблица 1

Фрагмент базы данных импортозамещения зарубежного программного обеспечения

Функционал	Российское программное обеспечение	Доступность
Управление бизнес-процессами	1С:ERP Управление предприятием	Лицензионное
	SILA Union	Лицензионное
	ELMA	Лицензионное
	Business Studio	Лицензионное
Геоинформационные системы	RUMAP-GIS	Лицензионное
	Панорамах64	Лицензионное
	ZuluGIS 2021	Лицензионное
	ИнГео	Лицензионное
Работа с графиком и схемами	AliveColors	Лицензионное
	CADViewX	Лицензионное
	БП Симулятор	Свободно распространяемое
	АСМОграф	Лицензионное
Анализ данных	Loginom	Свободно распространяемое
	Modus BI	Лицензионное
	1С:Аналитика	Лицензионное
	Visiology	Лицензионное

Функционал	Российское программное обеспечение	Доступность
Офисные программы	P7-Офис	Лицензионное
	МойОфис	Лицензионное
3D-моделирование	Компас-3D	Лицензионное
	NanoCAD	Лицензионное

Кроме того, в 2025 году на рынок вышли специализированные продукты на базе искусственного интеллекта: модули автоматической генерации спецификаций, оптимизации конструктивных решений и предиктивного анализа стоимости на ранних стадиях проектирования. Схема специализированных решений на базе платформы nanoCAD (рис. 6) демонстрирует развитие прикладных модулей, которые в настоящее время охватывают не только проектирование, но и эксплуатацию цифровых двойников [5].

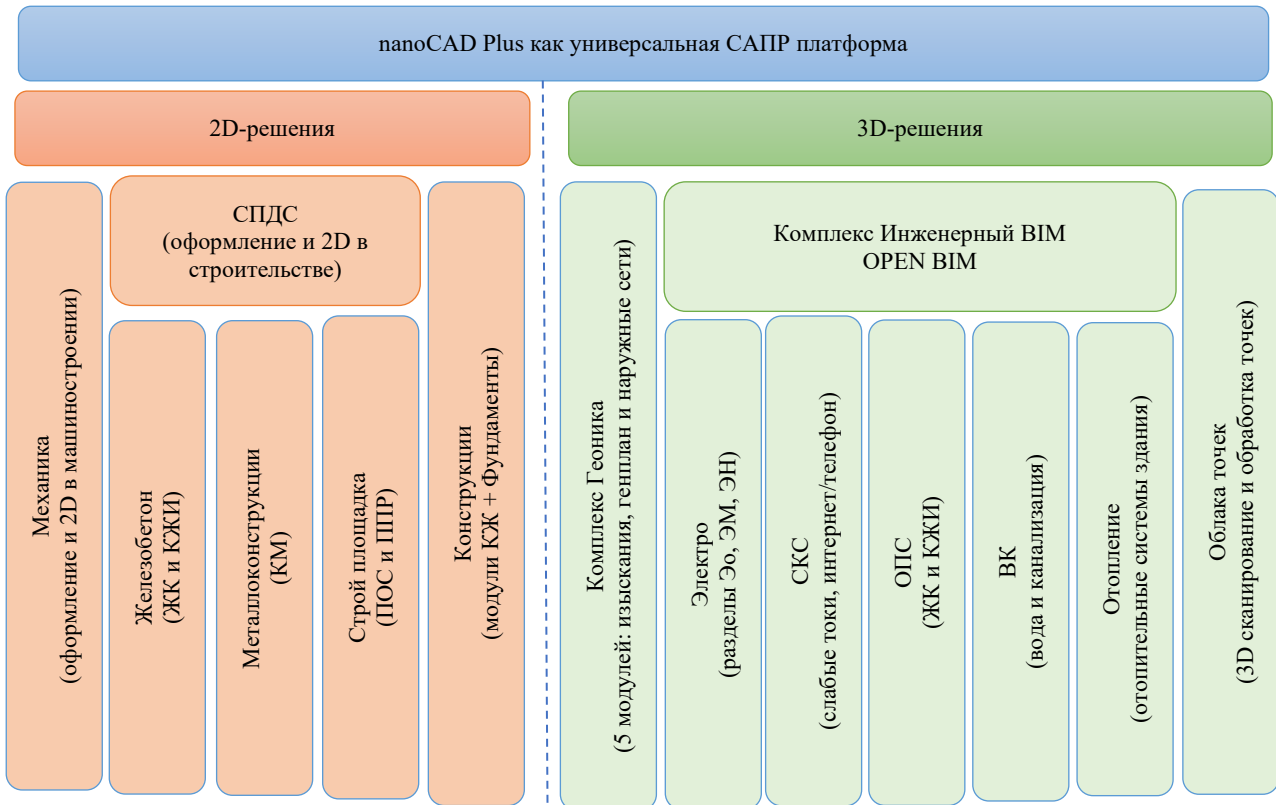


Рис. 6. Схема специализированных решений от компании CSoft Development на базе платформы nanoCAD Plus

Рынок САПР и технологии проектирования в 2026 году характеризуются не только зрелостью отечественных решений, но и переходом к новому этапу — интеграции информационных моделей в городские цифровые платформы, то есть в цифровые двойники городов. Наряду с BIM-технологиями активно развиваются промышленные партнёры: ПАО «ПИК СЗ», «ЭНЭКА», «БИМ-проект», «Геолойн-технологии», TrueBIM, а также новые участники, специализирующиеся на применении искусственного интеллекта для автоматизации экспертизы и строительного контроля. Дальнейшее развитие требует совершенствования методов подготовки кадров, включая массовое обучение работе с отечественным программным обеспечением, развития научных школ в области информационного моделирования и совершенствования нормативно-правовой базы, регулирующей обмен данными на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства.

**Заключение.** Проведённое исследование позволило не только подтвердить актуальность перехода от традиционных методов проектирования к технологиям информационного моделирования, но и выявить ключевые тенденции развития BIM в условиях 2026 года. Основная ценность данной статьи состоит в системном анализе динамики замещения иностранного программного обеспечения, а также в обобщении практического опыта внедрения отечественных BIM-решений, интегрированных с государственными информационными системами. Полученные результаты могут быть непосредственно использованы проектными организациями при выборе стратегии цифровой трансформации и служат основой для актуализации образовательных программ в области информационного моделирования.

Таким образом, статья даёт целостное представление о современном состоянии BIM-отрасли в России: от сформировавшейся экосистемы отечественного программного обеспечения до перехода к цифровым двойникам городов и применению искусственного интеллекта на всех этапах жизненного цикла объектов. Авторы отмечают, что дальнейшее развитие отечественных BIM-технологий, подкреплённое совершенствованием нормативной базы и подготовкой кадров, позволит строительной отрасли достичь полной технологической независимости и выйти на качественно новый уровень эффективности. Представленные материалы могут быть полезны как специалистам-практикам, так и исследователям, занимающимся цифровизацией строительства.

#### Список литературы

1. *Руководство по информационному моделированию (bim) для заказчиков на примере промышленных объектов*. URL: [https://www.idtsoft.ru/sites/default/files/fields/node/publication/field-files/2019-09/bim\\_guide\\_for\\_owners\\_%28clients%29\\_of\\_industrial\\_facilities\\_2019-03-18.pdf](https://www.idtsoft.ru/sites/default/files/fields/node/publication/field-files/2019-09/bim_guide_for_owners_%28clients%29_of_industrial_facilities_2019-03-18.pdf) (дата обращения 13.02.2023).

2. *TADVISER. Государство. Бизнес. Технологии*. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 15.02.2023).

3. *Об утверждении Правил формирования и ведения информационной модели объекта капитального строительства, состава сведений, документов и материалов, включаемых в информационную модель объекта капитального строительства и представляемых в форме электронных документов, и требований к форматам указанных электронных документов, а также о внесении изменения в пункт 6 «Положения о выполнении инженерных изысканий для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства»*. Постановление Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1431 с изменениями и дополнениями от: 1 марта, 27 мая 2022 г. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_362458/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_362458/) (дата обращения: 16.02.2023).

4. *О решениях по итогам стратегической сессии об импортозамещении программного обеспечения в отраслях*. Поручения правительства РФ 23 сентября 2022 г. URL: <http://government.ru/orders/selection/401/46589/> (дата обращения: 16.02.2023).

5. Отечественная САПР-платформа nanoCAD Plus: универсальный комплекс для тех, кто проектирует. Нанософт разработка. Инженерная экосистема. URL: <https://habr.com/ru/company/nanosoft/blog/423253> (дата обращения: 16.02.2023).

#### Об авторах:

**Анастасия Петровна Пирожникова**, старший преподаватель кафедры «Инженерная защита окружающей среды» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [anastasiapir@mail.ru](mailto:anastasiapir@mail.ru)

**Татьяна Леонидовна Пирожникова**, ассистент кафедры «Металлические, деревянные и пластмассовые конструкции» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [kaf\\_mdipk@mail.ru](mailto:kaf_mdipk@mail.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

#### About the Authors:

**Anastasia P. Pirozhnikova**, Senior Lecturer of the Department of Environmental Engineering, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [anastasiapir@mail.ru](mailto:anastasiapir@mail.ru)

**Tatiana L. Pirozhnikova**, Assistant of the Department of Metal, Wooden and Plastic Structures, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [kaf\\_mdipk@mail.ru](mailto:kaf_mdipk@mail.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 796:004.946

### VR-технологии в тренировочном процессе: поиск новых решений при помощи имитаций

И.А. Гринев, О.В. Хлопенко

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В статье рассматривается проблема интеграции технологий виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности в тренировочный процесс спортсменов. Цель работы — анализ направлений их применения и нейрофизиологических механизмов, обуславливающих эффективность подобных решений. Объект исследования — VR/AR-тренажеры, используемые в спортивной подготовке, реабилитации и когнитивном развитии. В ходе работы последовательно проанализированы технико-тактическая, психологическая и восстановительная сферы, а также приведены примеры использования указанных технологий в гоночных видах спорта, бейсболе и баскетболе. Авторами представлены количественные результаты: снижение времени принятия решений на 0,1 с, уменьшение числа ошибочных реакций на 15–20 %, сокращение сроков реабилитации на 15 %. Практическая значимость исследования заключается в обосновании целесообразности внедрения VR/AR на всех уровнях спортивного мастерства; перспективы дальнейшего развития связаны с совершенствованием тактильной обратной связи и созданием персонализированных тренировочных сред.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, дополненная реальность, спортивная тренировка, нейропластичность, когнитивно-моторное обучение, реабилитация, тактическая подготовка

**Для цитирования.** Гринев И.А., Хлопенко О.В. VR-технологии в тренировочном процессе: поиск новых решений при помощи имитаций. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):110–113.

### VR Technologies in Sports Training: Finding New Solutions by Means of Simulation

Ivan A. Grinev, Oxana V. Khlopenko

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article studies the problem of integrating virtual (VR) and augmented reality (AR) technologies into the athlete training process. The objective of the study is to analyse the areas of application of the above technologies and to investigate the neurophysiological mechanisms underlying the efficiency of such solutions. The objects to study were the VR/AR simulators used for sports training, rehabilitation, and cognitive development. Consistent analysis of technical, tactical, psychological, and recovery aspects of using these technologies was made, and examples of their application in racing, baseball and basketball were provided. The authors presented the following quantitative results: decision-making time reduced by 0.1s, the number of erroneous reactions reduced by 15–20%, and rehabilitation time reduced by 15%. The practical significance of the study lies in substantiating the expediency of implementing VR/AR technologies at all levels of sportsmanship; further research could be related to the improvement of haptic feedback and creation of the personalized training environments.

**Keywords:** virtual reality, augmented reality, sports training, neuroplasticity, cognitive-motor learning, rehabilitation, tactical training

**For Citation.** Grinev IA, Khlopenko OV. VR Technologies in Sports Training: Finding New Solutions by Means of Simulation. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):110–113.

**Введение.** В современном спорте высших достижений все более отчетливо проявляется диссонанс между необходимостью интенсивной и специализированной подготовки спортсменов и ограничениями, обусловленными травмоопасностью, регламентом соревнований, физическим и психологическим истощением. Традиционные методы тренировки не всегда обеспечивают возможность безопасного и многократного воспроизведения критически значимых игровых или гоночных ситуаций, моделирования стрессовых условий соревновательной среды, а также сохранения нейромышечных навыков в период вынужденного бездействия, например после травм. В этом контексте технологии виртуальной (VR) и дополненной (AR) реальности рассматриваются как перспективный инструмент, способный за счёт высокой иммерсивности и управляемости среды обеспечивать эффективное когнитивно-моторное обучение, психологическую адаптацию и объективный контроль движений. Актуальность работы обусловлена стремительным внедрением VR/AR-решений в мировую спортивную практику и необходимостью научного обобщения их функциональных возможностей, механизмов воздействия и доказанных эффектов.

В зарубежной и отечественной научной литературе накоплен значительный массив данных, посвящённых применению иммерсивных технологий в спорте. Исследования последних лет подтверждают положительное влияние VR-тренажёров на координацию движений, скорость реакции и развитие тактического мышления.

Цель настоящей работы — на основе анализа современных научных и практических данных систематизировать направления применения VR/AR-технологий в спортивной тренировке и реабилитации, выявить ключевые нейрофизиологические механизмы их эффективности и представить количественные эффекты внедрения иммерсивных решений в различных видах спорта.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- определить основные сферы использования VR/AR в подготовке спортсменов (технико-тактическую, психологическую, реабилитационную, когнитивную);
- обосновать практическую значимость и перспективы развития персонализированных тренировочных сред на основе технологий расширенной реальности.

**Основная часть.** Технологии виртуальной и дополненной реальности открывают новые возможности для технической, тактической и психологической подготовки спортсменов.

**Безопасное совершенствование техники.** VR-тренажёры позволяют отрабатывать сложные и травмоопасные элементы без риска для здоровья, что особенно актуально для видов спорта с высоким уровнем травматизма [1].

**Тактическая подготовка.** В командных видах спорта VR применяется для моделирования игровых ситуаций, предоставляя спортсменам возможность многократно воспроизводить различные сценарии и принимать более эффективные решения в реальных условиях соревновательной деятельности.

**Психологический тренинг.** Моделирование стрессовых соревновательных условий в виртуальной среде способствует адаптации спортсменов к психологическому давлению и повышению концентрации внимания.

Цифровые решения трансформируют традиционные роли тренера и спортсмена. Тренер из наблюдателя и источника указаний превращается в аналитика и стратега, работающего с массивами данных для выявления закономерностей и разработки долгосрочных программ подготовки. Спортсмен, в свою очередь, получает непосредственный доступ к объективной информации о собственной деятельности, что повышает его мотивацию и осознанность в тренировочном процессе [2].

Эффективность применения VR-тренажёров в спорте объясняется явлением, которое исследователи обозначают как «нейропластичность с подкреплением». Результативность когнитивно-моторных тренировок в виртуальной среде обеспечивается следующими факторами:

- высокой плотностью повторений. В реальном матче защитник может столкнуться с определённой тактической комбинацией соперника 3–5 раз за игру, тогда как в VR-симуляции он способен проработать тот же сценарий до 50 раз за 20 минут тренировки;
- снижением когнитивной нагрузки. В виртуальной среде спортсмен освобождён от необходимости контролировать второстепенные факторы, такие как физический дискомфорт и внешние раздражители, что позволяет сосредоточить внимание исключительно на тактической структуре эпизода;
- активацией зеркальных нейронов. Наблюдение за действиями виртуального соперника активирует в мозге спортсмена те же нейронные структуры, что и взаимодействие с реальным оппонентом, обеспечивая эффект «обучения без физического контакта».

Исследование Котова-Смоленского с соавторами [3] показало, что когнитивно-моторные тренировки в виртуальной среде вызывают статистически значимые изменения функционального состояния центральной нервной системы. У спортсменов с различными типологическими особенностями нервной системы наблюдалось снижение времени простой зрительно-моторной реакции ( $p = 0,002$ ), при этом прирост результативности во второй сессии достигал 36,4 % в группе с выраженной инертностью нервных процессов [3].

Наиболее интенсивное внедрение виртуальных технологий наблюдается в гоночных видах спорта, в частности в Формуле-1. Строгие регламентные ограничения, лимитирующие тестовые заезды на реальных трассах и работу в аэродинамической трубе, стимулировали команды к созданию высокоточных VR-симуляторов.

Ведущие команды чемпионата — Mercedes AMG Petronas, Red Bull Racing, Ferrari — используют симуляторные комплексы полного цикла, позволяющие инженерам и пилотам проводить виртуальные испытания в круглосуточном режиме [4]. Работа в таких комплексах позволяет решать широкий спектр задач:

- изучение поведения спортивного автомобиля в различных погодных условиях;
- тренировка реакции спортсмена на изменение состояния трассы;
- тестирование аэродинамики и подбор оптимальных настроек к предстоящим гонкам.

Показательным примером эффективного применения VR-технологий является адаптация спортсменов-пилотов к изменениям технического регламента. Благодаря использованию симуляторов спортсмены получают возможность выработать более совершенную технику торможения двигателем. Такая техника, сопряжённая с риском потери контроля над автомобилем, может быть доведена до автоматизма в короткие сроки именно благодаря виртуальным тренажёрам [4].

VR-тренажёры нашли применение в таких видах спорта, как бейсбол, баскетбол и другие игровые дисциплины. Исследования, проведённые в Университете Квинсленда (Австралия), показали, что спортсмены в ходе игры учитывают не только траекторию полёта мяча, но и информацию, доступную ещё до его подачи, связанную с положением соперника на игровой площадке и другими значимыми признаками.

Технология WIN Reality, применяемая при подготовке игроков MLB (Главной лиги бейсбола), демонстрирует следующую результативность:

- сокращение времени принятия решения спортсменом на 0,1 секунды, что обусловлено скоростью полёта мяча в бейсболе: мяч преодолевает расстояние от питчера до бьющего за 0,4 секунды, тогда как зрительно-моторная реакция человека составляет 0,1–0,15 секунды;
- уменьшение количества ошибок при реагировании на обманные движения на 15–20 %;
- улучшение реакции игрока при распознавании типа подачи.

Таким образом, использование VR-тренажёров позволяет совершенствовать игровые навыки спортсменов и расширять временное окно для принятия решения при выполнении броска [5].

Период восстановления после полученных травм имеет для спортсменов особое значение. В связи с этим применение VR-технологий в восстановительном процессе заслуживает отдельного внимания. Исследования психологов МГУ демонстрируют, что использование виртуальной реальности позволяет сократить сроки возвращения спортсменов в тренировочные группы в среднем на 15 % [6].

Ключевыми факторами реабилитационной эффективности выступают:

- сохранение нейромышечных связей. При мысленном воспроизведении движения активируются те же зоны коры головного мозга, что и при реальном действии, что способствует поддержанию миелиновых оболочек нейронов в функциональном состоянии [6];
- обезболивающий эффект. Погружение в виртуальную среду снижает субъективное восприятие боли, позволяя уменьшить фармакологическую нагрузку на ранних этапах реабилитации;
- психологическая десенсибилизация. Возможность выполнять в VR действия, вызывающие страх в реальных условиях, такие как прыжки, повороты и ускорения, способствует постепенному преодолению психологических барьеров [7].

Примеры успешного применения VR в реабилитации включают восстановление баскетболиста Зака Лавина после разрыва крестообразной связки колена (ACL), а также подготовку питчеров к возвращению после операции Томми Джона. В последнем случае VR использовалась не для имитации подач, а для тренировки периферического зрения и работы ног в условиях, когда полноценная нагрузка на руку была противопоказана.

**Заключение.** Виртуальные технологии представляют собой универсальный метод, позволяющий с помощью моделирования различных ситуаций находить новые способы преодоления трудностей в спорте — от тактического кризиса в командных видах до индивидуальных психологических барьеров. Количественные показатели улучшения времени реакции, тактической подготовленности и сроков реабилитации подтверждают целесообразность интеграции VR/AR-решений в тренировочный процесс на всех уровнях спортивного мастерства.

Сопоставление полученных результатов с исходной целью позволяет утверждать, что заявленный пробел — отсутствие целостного представления о нейрофизиологических основах и количественных показателях эффективности VR/AR в спорте — в значительной степени восполнен. Вместе с тем работа выявила ограничения, связанные с недостаточной стандартизацией тренировочных протоколов и слабой интеграцией с биомеханическим анализом в режиме реального времени.

Дальнейшее развитие технологий расширенной реальности, включая совершенствование тактильной обратной связи и интеграцию с системами биомеханического анализа, открывает перспективы для создания полностью персонализированных тренировочных сред.

#### **Список литературы**

1. Виртуальная реальность в спорте с тренировочными симуляторами и фанатским вовлечением. *LikeVR*. URL: <https://likevr.ru/blog/virtualnaya-realnost-v-sporte> (дата обращения: 02.03.2026).
2. Колмаков В.И., Картавецва А.И., Калина Л.В., Составнев И.В. Технологии расширенной реальности в адаптивном спорте: преимущества, риски и перспективы применения. *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences*. 2024;17(8):1525–1535.
3. Котов-Смоленский А.М., Соколова Л.В., Зимин А.А., Клочков А.С., Супонева Н.А., Пирадов М.А. Особенности динамики показателей функционального состояния центральной нервной системы при когнитивно-моторной тренировке в виртуальной среде. *Человек. Спорт. Медицина*. 2023;23(2):31–38. <https://doi.org/10.14529/hsm230204>
4. *How athletes hit a fastball*. *The University of Queensland*. 2021 Apr. URL: <https://habs.uq.edu.au/article/2021/04/how-athletes-hit-fastball> (дата обращения: 01.03.2026).
5. Российские ученые раскрыли неочевидную пользу VR для атлетов. *Hi-Tech Mail.ru*. URL: <https://hi-tech.mail.ru/news/129629-rossijskie-uchenye-dokazali-polzu-vr-dlya-vosstanovleniya-atletov> (дата обращения: 02.03.2026).
6. Как виртуальная реальность помогает атлетам после травм, выяснили психологи МГУ. *Научная Россия*. URL: <https://scientificrussia.ru> (дата обращения: 12.02.2026).
7. Муравьев Н. VR помогает активировать нейропластичность. *Агентство стратегических инициатив*. URL: <https://asi.ru/sml/196763> (дата обращения: 02.03.2026).

#### **Об авторах:**

**Иван Александрович Гринеv**, магистрант кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344022, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая 162), [Ment0s0l@yandex.ru](mailto:Ment0s0l@yandex.ru)

**Оксана Валерьевна Хлопенко**, доцент кафедры «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии» Донского государственного технического университета (344022, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая 162), [ohlopenko@yandex.ru](mailto:ohlopenko@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

#### **About the Authors:**

**Ivan A. Grinev**, Master's Degree Student of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (162, Sotsialisticheskaya Str., Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation), [Ment0s0l@yandex.ru](mailto:Ment0s0l@yandex.ru)

**Oxana V. Khlopenko**, Cand.Sci. (Economics), Associate Professor of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry, Don State Technical University (162, Sotsialisticheskaya Str., Rostov-on-Don, 344022, Russian Federation), [ohlopenko@yandex.ru](mailto:ohlopenko@yandex.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК: 376.37

### Комплексный подход к развитию речевого дыхания у старших дошкольников с дизартрией

Ю.А. Комерцова, М.Л. Скуратовская

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В статье рассматривается проблема недостаточной изученности особенностей речевого дыхания у старших дошкольников с дизартрией, а также отсутствия научно обоснованных комплексных методик его коррекции. Цель статьи заключается в теоретическом и экспериментальном обосновании необходимости комплексного подхода к развитию речевого дыхания у детей с дизартрией, а также в разработке и апробации диагностического инструментария для выявления нарушений речевого дыхания у старших дошкольников с данным нарушением. Объект исследования — развитие речевого дыхания у старших дошкольников с дизартрией.

**Ключевые слова:** грудобрюшной тип дыхания, дизартрия, дыхательная гимнастика, речевое дыхание

**Для цитирования.** Комерцова Ю.А., Скуратовская М.Л. Комплексный подход к развитию речевого дыхания у старших дошкольников с дизартрией. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):114–118.

### A Comprehensive Approach to Developing Speech Breathing in Older Preschoolers with Dysarthria

Yulia A. Komertsova, Marina L. Skuratovskaya

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article focuses on the problem of speech breathing in older preschoolers with dysarthria, which is insufficiently studied, and the lack of scientifically based comprehensive techniques for correcting thereof. The article aims to provide a theoretical and experimental justification of the need for a comprehensive approach to developing speech breathing skills in children with dysarthria. It also strives to develop and test diagnostic tools for identifying speech breathing disorders in older preschoolers with dysarthria. Development of speech breathing in older preschoolers with dysarthria is stated to be the object of the study.

**Keywords:** thoracoabdominal breathing pattern, dysarthria, breathing exercises, speech breathing

**For Citation.** Komertsova YuA, Skuratovskaya ML. A Comprehensive Approach to Developing Speech Breathing in Older Preschoolers with Dysarthria. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):114–118.

**Введение.** В последнее время в детской практике значительно возросла роль дизартрии, которая рассматривается как одно из наиболее распространенных нарушений речи. Данное состояние характеризуется нарушением произносительной стороны речи вследствие недостаточной иннервации речевых органов. Нарушения затрагивают не только звуковую сторону речи, но и просодию, что в раннем возрасте становится все более типичным явлением на фоне недостаточности двигательного отдела центральной нервной системы.

Исследователи, в том числе Е.Ф. Архипова, Л.И. Беякова, М.И. Ипполитова, А.И. Максаков и Е.И. Мастюкова, подчеркивают наличие нарушений речевого дыхания у детей с дизартрией. У таких детей нередко отмечаются нарушения интонационно-выразительной окраски речи, как указывает Е.Ф. Архипова. Помимо недостатков речевого дыхания, речь может быть либо слишком тихой, либо излишне громкой, с затруднениями в изменении высоты и силы голоса. Дети не способны имитировать звуки животных или изменять тон голоса. Тембр речи изменен, иногда появляется назальный оттенок, а темп речи, как правило, ускорен [1].

У детей с речевыми нарушениями наблюдается неэффективное речевое дыхание по сравнению со сверстниками с нормальным речевым развитием. Такие дети часто имеют ослабленную дыхательную мускулатуру и уменьшенный объем легких. Большинство из них использует преимущественно верхнегрудной тип дыхания, который сопровождается подниманием плеч во время речи. Кроме того, многие из них не умеют экономно расходовать воздух в процессе говорения, делая вдох перед каждым словом. У детей со стертой формой дизартрии отмечается недостаточность иннервации диафрагмальных мышц. Нарушения речевого дыхания проявляются в неритмичности дыхательных циклов, слабости выдоха как при физиологическом, так и при речевом дыхании, а также в нарушении координации между дыханием, голосообразованием и артикуляцией [2].

Е.Н. Винарская подчеркивает, что во время речи воздух, проходя через верхние отделы речевого аппарата, встречает различные препятствия. В результате возникает шум, который является уникальным для каждой фонетической группы согласных и для каждого отдельного согласного звука. В отношении гласных шум не имеет дифференциального значения. При снижении интенсивности воздушного потока артикуляционный и голосообразовательный аппараты могут функционировать неэффективно. Это подчеркивает значимость механизма речевого дыхания, который служит энергетической основой речевого акта [3].

Дети с речевыми нарушениями, как правило, имеют показатели дыхания, отличающиеся от нормы. Их дыхание поверхностное, особенно заметное при эмоциональной или физической нагрузке, а объем легких меньше, чем у сверстников без речевых нарушений. Дошкольникам необходимо сначала улучшить объем легких, а затем, по мере взросления, переходить к развитию более сложного грудобрюшного типа дыхания. Улучшение этих показателей имеет принципиальное значение, поскольку правильное дыхание лежит в основе формирования речевого дыхания, представляющего собой сложную психофизиологическую функцию [4].

Е.Ф. Архипова в своих исследованиях указывает на необходимость учета следующих особенностей речевого дыхания у детей со стертой формой дизартрии:

- чрезмерно большой вдох перед началом фразы;
- резкое и усиленное начало выдоха;
- небольшая продолжительность выдоха в процессе произнесения фразы;
- неоднородность выдоха на протяжении высказывания;
- прерывистость и спазмы во время вдоха и выдоха;
- спастичность дыхательных мышц в процессе дыхания;
- нарушение координации дыхания с артикуляцией и фонацией.

В рамках данного раздела логопедии одной из ключевых задач является организация дыхательной гимнастики, направленной на увеличение продолжительности и силы неречевого выдоха, а в дальнейшем — выдоха при фонации звуков, а также при произнесении слов и фраз. Эффективность восстановления речевого дыхания обеспечивается различными формами занятий, включая групповые и индивидуальные занятия с логопедом, а также музыкальные и физические упражнения, например в рамках логоритмических и физкультурных занятий. Кроме того, включение родителей в ежедневные речевые упражнения ребенка значительно ускоряет процесс логопедической коррекции [5].

Дыхательные упражнения разрабатываются с учетом возрастных особенностей и направлены на обучение детей технике эффективного и бесшумного вдоха, а также на формирование умения экономно и плавно использовать запас воздуха при выдохе.

Для дифференциации содержания коррекционной работы по развитию речевого дыхания нами было проведено экспериментальное исследование, направленное на выявление уровня развития речевого дыхания у старших дошкольников с дизартрией. Экспериментальная работа проводилась в МБДОУ «Детский сад №249» и МБДОУ «Детский сад №142» г. Ростова-на-Дону. В исследовании приняли участие четырнадцать детей старших групп с диагнозом «дизартрия».

**Методы исследования.** Для диагностики речевого дыхания авторы использовали методику исследования просодической стороны речи Е. Ф. Архиповой. Для этого с детьми были проведены тесты-задания, разработанные ею и описанные в пособии «Стертая дизартрия у детей».

Диагностическое исследование проводилось по двум направлениям: обследование физиологического дыхания, включавшее определение типа дыхания, дифференцирование носового и ротового дыхания, целенаправленность воздушной струи, силу воздушной струи, и обследование речевого дыхания, включавшее объем речевого дыхания, координацию речи с дыханием, наличие патологических нарушений в речевом дыхании.

#### **Обследование физиологического дыхания**

Сначала определяли тип дыхания. Ребенка просили занять удобное положение — спокойно посидеть на стуле. Важно было объяснить ребенку, что он должен быть расслабленным, чтобы определить, какая часть тела активна во время дыхания.

Одну руку надо было положить на плечи ребенка, а другую — на живот, чтобы почувствовать движения при вдохе и выдохе. Если при дыхании поднимались плечи, а в момент вдоха живот втягивался, то дыхание считалось поверхностным, или ключичным. Если же живот начинал выпячиваться на вдохе, а опадал на выдохе, речь шла о диафрагмальном дыхании. При расширении грудной клетки дыхание относили к грудному типу. Ребенку давали инструкцию: «Давай проверим, как ты умеешь контролировать дыхание через нос и рот. Внимательно слушай и следуй указаниям».

Ребенку следовало внимательно воспринимать слова экспериментатора и точно выполнять его команды:

- вдохни носом (понюхай цветок) — выдохни носом (два-три раза). Рот при этом закрыт;
- вдохни носом, а выдохни ртом (погрей руки) (два-три раза);
- вдохни ртом (как рыба) — выдохни ртом (погрей руки);
- вдохни ртом, а выдохни носом.

Далее исследовали способность ребенка управлять потоком выдыхаемого воздуха, то есть целенаправленность воздушной струи. Для проведения эксперимента нам понадобились маленькая свечка для праздника, ватный шарик и пузырёк.

Инструкция для ребенка: «Покажи, как ты умеешь дуть». Вначале предложили подуть на ватный шарик, представляя, что это мяч. Ребенок пытался загнать его в воображаемые футбольные ворота. Затем просили подуть в пузырёк так, чтобы он издал свист. В завершение испытания нужно было попытаться задуть свечу.

Целью следующего задания была оценка силы воздушной струи. Для этого был приготовлен гранёный карандаш и губную гармошку. Задание было следующим: «Давай проверим, насколько хорошо ты умеешь дуть». На столе был расположен карандаш примерно в 20 см от ребенка, и его просили подуть так, чтобы карандаш начал катиться. Для этого объясняли, что нужно сделать глубокий вдох носом и сильный выдох ртом, сформировав губы в трубочку, чтобы карандаш покатылся вперед. Дополнительно предлагали ребенку поиграть с губной гармошкой — надо было постараться подуть в неё достаточно сильно, чтобы раздался звук.

#### *Обследование речевого дыхания*

Для оценки объема речевого дыхания нужно было выполнить три задания:

1) Последовательное произнесение предложений с возрастающим числом слов на одном дыхании. Инструкция: «Послушай внимательно предложение и повтори его. Старайся сказать предложение плавно, на одном выдохе».

- Девочка рисует цветок.
- Девочка рисует цветок карандашами.
- Девочка рисует красивый цветок карандашами.
- Девочка рисует красивый цветок цветными карандашами.

2) Произнесение чистоговорок на одном выдохе. Инструкция: «Послушай внимательно чистоговорку. Сделай вдох носом и на выдохе произнеси ее, как я».

- Жу – жу – жу – я все лужи обхожу.
- Ша – ша – ша – наша Маша хороша.
- Ко – ко – ко – мне до речки далеко.

3) Счет от 1 до 10. Необходимо было контролировать, чтобы ребенок вдохнул носом и говорил на выдохе.

4) Прочтение стихотворения. Ребенку предлагалось прочесть стихотворение эмоционально и выразительно, с паузами, как будто он выступает на торжестве. Определяли фазы дыхания вначале речи и наличия координации/дискоординации фонации и дыхания, а также наличие патологических нарушений в речевом дыхании.

**Обсуждение результатов.** Большинство детей (8 из 14) поднимали непроизвольно плечи во время вдоха, что указывает на наличие поверхностного дыхания. Диафрагмальный тип дыхания наблюдался только у 4 детей из 14. Грудная клетка расширялась на вдохе у 2 детей.

При исследовании умения дифференцировать носовое и ротовое дыхание выяснилось, что большинство детей не справляются с этим заданием, только четверо правильно выполнили инструкции. У остальных возникли, дети путались, приходилось повторять инструкцию.

С заданиями на целенаправленность воздушной струи полностью справились только 2 ребенка. У двоих детей совершенно не получалось удерживать губы трубочкой во время выдоха, их губы вибрировали, целенаправленной струи не наблюдалось. В основном сложность была в задании с пузырьком, у детей не получалось дуть в горлышко так, чтобы появился свистящий звук. С ватным «мячиком» детям понравилось играть, но также у большинства не получалось во всех попытках забить его в «ворота». С задуванием свечки справились 12 детей из 14.

Достаточно сильной воздушной струи не оказалось ни у одного ребенка. Карандаш катился сравнительно далеко только у двоих детей, но звук губной гармошки у всех испытуемых был или тихим или совсем не было звука.

По результатам обследования физиологического дыхания никто не получил высокую оценку. По три балла получили двое детей (Лера и Кристина), у них диафрагмальный тип дыхания, целенаправленная воздушная струя, они дифференцируют носовое и ротовое дыхание, но сила воздушной струи слабая. По два балла у получили

также двое детей (Родион и Филипп), у них диафрагмальный тип дыхания, нет целенаправленной воздушной струи, сила выдоха слабая. По одному баллу получили восемь человек (Павел, Давид, Дима, Ева, Настя, Саша, Юля, Егор), у них поверхностное или грудное дыхание, слабая и нецеленаправленная воздушная струя, нет дифференциации носового и ротового дыхания. Двое детей (Платон и Костя) не справились с заданиями, им поставили 0 баллов.

Предварительный анализ полученных результатов по обследованию физиологического дыхания по четырём заданиям позволил нам выделить качественно-количественную характеристику уровней физиологического речевого дыхания, представленную в таблице 1.

Таблица 1

Критерии оценки уровней развития физиологического дыхания

Уровень	Количество баллов	Характерные особенности (по критериям оценки)	Количество детей
Высокий	4	Диафрагмальный тип дыхания, дифференцирует ротовой и носовой вдох и выдох, выдыхаемая воздушная струя сильная и целенаправленная	0
Средний	2–3	Диафрагмальный тип дыхания, дифференцирует (возможна недостаточная дифференциация) носовой и ротовой вдох и выдох, снижен объем и сила выдоха, возможна аритмичность вдоха и выдоха	4 (Лера, Кристина, Родион, Филипп)
Низкий	0–1	Верхнеключичный тип дыхания, аритмичность вдоха и выдоха, малый объем и сила выдоха, не дифференцирует ротовой и носовой вдох и выдох, либо не выполняет задания	10 (Павел, Давид, Дима, Ева, Настя, Саша, Юля, Егор, Платон, Костя)

Во время выполнения заданий по второму направлению диагностики всем детям приходилось напоминать, что перед началом фразы нужно сделать вдох носом. У некоторых детей возникали трудности в запоминании фразы, у двоих так и не получилось повторить чистоговорки и фразы из первого задания. Один мальчик не знал счет до 10, поэтому с тремя детьми оценить уровень речевого дыхания можно было по заученным стихотворениям.

Со всеми заданиями в этом блоке никто не справился. У всех детей из-за недостаточного объема речевого дыхания наблюдался добор воздуха в неоконченной фразе, в основном в задании со стихом. У многих детей в конце фраз было слышно, что выдох на исходе. Кто-то делал дополнительный вдох в середине слова. Также наблюдались проглатывание окончаний, шепотная речь в конце фразы, один мальчик (Костя) начинал фразу на вдохе.

По три балла получили трое детей (Лера, Кристина, Филипп), так как речевой выдох был несколько ослаблен, а в заданиях с длинными фразами в конце ощущалось напряжение. По два балла получили пятеро детей (Родион, Павел, Давид, Ева, Юля), у которых речь формировалась на выдохе, однако он был значительно ослаблен, и в неоконченной фразе происходил добор воздуха. По одному баллу получили шестеро детей (Костя, Платон, Дима, Егор, Саша, Настя). У них отмечалась выраженная дискоординация дыхания и фонации; у Кости речь формировалась на вдохе.

Предварительный анализ полученных результатов обследования речевого дыхания по двум заданиям позволил выделить качественно-количественную характеристику уровней развития речевого дыхания, представленную в таблице 2.

Таблица 2

Критерии оценки уровней развития речевого дыхания

Уровень	Количество баллов	Характерные особенности (по критериям оценки)	Количество детей
Высокий	4 балла	Речь на выдохе, объем речевого дыхания хороший, координация дыхания и фонации	0
Средний	2–3 балла	Речь на выдохе, объем речевого дыхания ограничен или ослаблен	8 (Лера, Кристина, Филипп, Родион, Павел, Давид, Ева, Юля)
Низкий	0–1 балл	Речь возможна на вдохе, дискоординация дыхания и фонации, наличие патологических нарушений	6 (Костя, Платон, Дима, Егор, Саша, Настя)

**Заключение.** Таким образом, результаты диагностики показали, что у детей экспериментальной группы преобладает средний и низкий уровень физиологического и речевого дыхания. Высокий уровень не был выявлен ни у одного ребенка. Полученные данные подтверждают необходимость разработки дифференцированной программы логопедической работы по развитию физиологического и речевого дыхания с учетом индивидуальных особенностей, выявленных в ходе обследования детей. Комплексный подход к развитию речи, по мнению авторов, будет способствовать формированию основных характеристик дыхания и преодолению имеющихся у дошкольников с дизартрией недостатков физиологического и речевого дыхания.

#### **Список литературы**

1. Архипова Е.Ф. *Стертая дизартрия у детей*. Москва: АСТ: Астрель; 2007. 331 с
2. Архипова Е.Ф. *Коррекционно – логопедическая работа по преодолению стертой дизартрии у детей*. Москва: АСТ: Астрель; 2008. 254 с.
3. Винарская Е.Н. *Дизартрия*. Москва: Ленанд; 2021. 202 с.
4. Белякова Л.И., Гончарова Н.Н., Шишкова Т.Г. *Методика развития речевого дыхания у младших школьников с нарушениями речи*. Москва: Книголюб; 2004. 56 с.
5. Филичева Т.Б., Чевелева Н.А., Чиркина Г.В. *Основы логопедии*. Москва: Просвещение; 1989. 233с.

#### **Об авторах:**

**Юлия Александровна Комерцова**, магистрант кафедры «Дефектология и инклюзивное образование» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [julka23051988@mail.ru](mailto:julka23051988@mail.ru)

**Марина Леонидовна Скуратовская**, доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедрой «Дефектология и инклюзивное образование» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [marinasku@yandex.ru](mailto:marinasku@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

#### **About the Authors:**

**Yulia A. Komertsova**, Master's Degree Student of the Defectology and Inclusive Education Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [julka23051988@mail.ru](mailto:julka23051988@mail.ru)

**Marina L. Skuratovskaya**, Dr.Sci. (Pedagogy), Professor, Head of the Defectology and Inclusive Education Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [marinasku@yandex.ru](mailto:marinasku@yandex.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 159.9.072

### Особенности нарциссических проявлений у девушек с разной направленностью активности в социальных сетях

Е.С. Цысь, Е.А. Суроедова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В работе исследуется влияние направленности активности в социальных сетях на выраженность нарциссических черт у девушек. Цель исследования состоит в выявлении различий в степени выраженности нарциссических проявлений у респонденток с неопределённой, профессиональной и коммуникативной направленностью активности в виртуальном пространстве. Установлено, что девушки с неопределённой направленностью активности характеризуются низким уровнем нарциссизма и самооценки, что затрудняет их самопрезентацию в цифровом пространстве и повышает риск социальной изоляции. Напротив, респондентки с профессиональной и коммуникативной направленностью активности демонстрируют высокие показатели самопринятия и адаптивности. Делается вывод, что в этих группах нарциссические черты выступают действенным инструментом социальной адаптации, способствуя построению карьеры и расширению социального капитала в условиях виртуальной среды.

**Ключевые слова:** нарциссизм, самопрезентация, социальные сети, направленность активности, психоанализ, виртуальная среда, самооценка

**Для цитирования.** Цысь Е.С., Суроедова Е.А. Особенности нарциссических проявлений у девушек с разной направленностью активности в социальных сетях. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):119–122.

### Narcissistic Manifestation Features in Girls with Different Focus of Activity in Social Networks

Ekaterina S. Tsys, Elena A. Suroedova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The paper studies the influence of the focus of activity in social networks on the manifestation of narcissistic traits in girls. The study aims to identify differences in the degree of narcissistic manifestation among the respondents with the uncertain, professional and communicative focuses of activity in the virtual space. It has been established that girls with the uncertain focus of activity are characterized by a low level of narcissism and self-esteem, which hinders their self-presentation in the digital environment and increases the risk of social exclusion. The respondents with professional and communicative focuses of activity, on the contrary, demonstrate high level of self-acceptance and adaptivity. Therefore, the conclusion is made about the capacity of the narcissistic traits to act as an efficient social adaptation tool in the studied groups, contributing to building a career and expanding social capital in the digital environment settings.

**Keywords:** narcissism, self-presentation, social networks, focus of activity, psychoanalysis, virtual space, self-esteem

**For Citation.** Tsys ES, Suroedova EA. Narcissistic Manifestation Features in Girls with Different Focus of Activity in Social Networks. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):119–122.

**Введение.** В рамках психоаналитической теории З. Фрейд характеризовал «нарциссизм» как состояние, при котором либидо направлено не на внешние объекты, а на собственное «Я» [1]. Автор выделял первичный нарциссизм — состояние младенца, который ещё не разделяет «Я» и внешний мир; в этом случае всё либидо сосредоточено на себе, и вторичный — возникающий в зрелом возрасте в результате перенаправления сексуальной энергии

гии на уже сформированную структуру личности. В современной психологии понятие «нарциссизм» рассматривается шире — как личностная черта, характеризующаяся завышенным чувством собственной значимости и острой потребностью во внешнем признании [2].

В современных условиях виртуальное пространство социальных сетей становится уникальной площадкой для реализации нарциссических тенденций [3]. Цифровая среда предоставляет неограниченные возможности для конструирования идеализированного образа «Я», а механизмы социального одобрения выступают внешними регуляторами самооценки [4].

С целью изучения данных проявлений в цифровой среде эмпирическое исследование проводилось с помощью авторской анкеты, направленной на изучение активности девушек в социальных сетях. В зависимости от характера деятельности респондентки были разделены на три группы: с неопределённой, профессиональной и коммуникативной направленностью активности.

**Основная часть.** В ходе работы были применены следующие методы и методики:

- тест оценки нарциссизма (авторы: Ф.В. Денек, Б. Хильгеншток);
- анкета, направленная на выявление степени активности в социальных сетях у девушек (авторы: Е.А. Суродова, Е.С. Цысь);
- описательная статистика, позволяющая определить минимальные, максимальные, средние значения и среднеквадратичные отклонения;
- методы математической статистики (критерий U Манна — Уитни, H Крускала — Уоллеса).

Путём описательной статистики нами были обнаружены минимальные, максимальные, средние значения и стандартные квадратичные отклонения по шкалам теста оценки нарциссизма. По средним значениям была построена диаграмма (рис. 1), которая наглядно показала, что существуют различия между девушками с разной направленностью активности в социальных сетях.

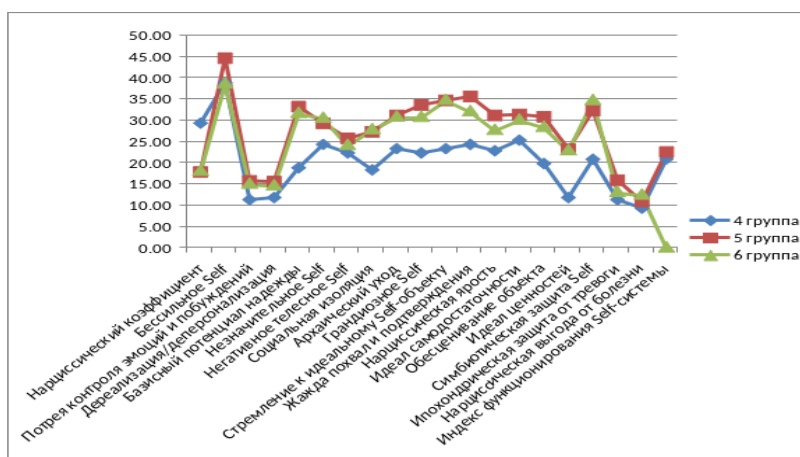


Рис. 1. Средние значения по шкалам тест оценки нарциссизма

Результаты диаграммы показали, что у девушек четвёртой группы, которые не определились с целями использования социальных сетей, значения по всем измеряемым шкалам находятся в пределах низких показателей. Это можно интерпретировать не только как отсутствие нарциссических черт, но и как признак дефицитарности «здорового нарциссизма». Подобные результаты могут указывать на склонность к подавлению собственных амбиций, избеганию публичности и низкую потребность в самопрезентации. В контексте цифровой среды это объясняет отсутствие чётко выраженного вектора активности: такие респондентки склонны занимать пассивную позицию, избегая демонстрации своего «Я» социальной аудитории.

Представленные на диаграмме данные свидетельствуют о наличии сходных тенденций в группах респонденток с профессиональной и коммуникативной направленностью активности. В обеих группах зафиксированы достаточно высокие показатели нарциссических проявлений. Это указывает на то, что как профессиональное продвижение, так и активная межличностная коммуникация в цифровой среде тесно связаны с выраженной потребностью в самопрезентации, признании и социальном влиянии.

Для респонденток с профессиональной направленностью высокие баллы по шкалам нарциссизма могут служить внутренним ресурсом для выстраивания личного бренда. В данном случае такие черты, как амбициозность и уверенность в собственной исключительности, способствуют эффективному позиционированию себя как эксперта и лидера.

В группе с коммуникативной направленностью высокая выраженность данных показателей, вероятнее всего, связана с поиском эмоционального отклика и постоянного подтверждения своей значимости через механизмы

обратной связи. Здесь социальные сети выступают в роли «цифрового зеркала», поддерживающего нарциссическую целостность личности.

Оценка различий по показателям нарциссизма проводилась с помощью непараметрического критерия Н Крускала — Уоллеса, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты статистического анализа показателей нарциссизма, полученных с помощью непараметрического критерия Н Крускала - Уоллеса

Шкалы	Показатель	1, 2, 3 группы
Базисный потенциал надежды	U	10,730
	P	0,005
Социальная изоляция	U	6,603
	P	0,037
Грандиозное Self	U	10,966
	P	0,004
Стремление к идеальному Self-объекту	U	8,968
	P	0,011
Жажда похвал и подтверждения	U	10,230
	P	0,006
Обесценивание объекта	U	8,545
	P	0,014
Идеал ценностей	U	11,216
	P	0,004
Ипохондрическая защита от тревоги	U	10,026
	P	0,007
Нарциссическая выгода от болезни	U	6,513
	P	0,039

Дополнительно было проведено попарное сравнение групп с использованием U-критерия Манна-Уитни, результаты представлены в таблице 2. Данные статистического анализа подтвердили наличие статистически значимых различий между респондентками четвёртой группы с неопределённой активностью и представительницами пятой с профессиональной направленностью и шестой с коммуникативной направленностью групп.

Сравнительный анализ выявил различия между четвёртой и шестой группами по шкалам социальной изоляции, архаического ухода и нарциссических защит (грандиозное Self, обесценивание объекта, симбиотическая защита). Это указывает на то, что коммуникативная активность, в отличие от неопределённой, служит инструментом преодоления изоляции через поиск идеализированных объектов.

Пятая и шестая группы демонстрируют сходный профиль нарциссизма, однако различаются по параметрам грандиозного Self, жажды похвал и ипохондрической защиты. Если для «профессионалов» важнее демонстрация статуса, то для «коммуникаторов» на первый план выходит потребность в постоянном одобрении и защите от тревоги через социальное взаимодействие.

Таблица 2

Результаты статистического анализа показателей нарциссизма, полученных с помощью U-критерия Манна Уитни

Шкалы		4 и 5 группы	4 и 6 группы	5 и 6 группы
Базисный потенциал надежды	U	10,000	–	–
	P	0,003	–	–
Социальная изоляция	U	–	16,000	–
	P	–	0,006	–
Архаический уход	U	–	28,000	–
	P	–	0,020	–
Грандиозное Self	U	6,000	18,000	188,500
	P	0,022	0,008	0,035
Стремление к идеальному Self-объекту	U	8,000	8,000	–
	P	0,039	0,002	–

Шкалы		4 и 5 группы	4 и 6 группы	5 и 6 группы
Жажда похвал и подтверждения	U	2,000	–	169,000
	P	0,006	–	0,014
Обесценивание объекта	U	8,000	18,000	–
	P	0,041	0,008	–
Идеал ценностей	U	10,000	0,000	–
	P	0,003	0,001	–
Симбиотическая защита Self	U	4,000	10,000	–
	P	0,012	0,003	–
Ипохондрическая защита от тревоги	U	–	–	173,500
	P	–	–	0,017

**Заключение.** Таким образом, статистический анализ подтвердил, что девушки с неопределённой направленностью активности обладают более низким уровнем нарциссизма. Это свидетельствует о дефиците устойчивой идентичности и трудностях самопозиционирования в цифровом пространстве, что, с одной стороны, минимизирует поиск внешнего одобрения, а с другой — повышает риск социальной изоляции.

Напротив, респондентки с профессиональной и коммуникативной активностью демонстрируют сходные высокие показатели нарциссизма. Обладая здоровой уверенностью в себе, они эффективно используют социальные сети как инструмент адаптации: первая группа — для построения карьеры и рабочих связей, вторая — для расширения социального капитала и межличностного обмена.

#### Список литературы

1. Фрейд З. *О нарциссизме*. Москва: Здоровья; 1990. 42 с. URL: [https://royallib.com/book/freyd\\_zigmund/o\\_nartsizme.html](https://royallib.com/book/freyd_zigmund/o_nartsizme.html) (дата обращения: 05.03.2026).
2. Грин А. Нарциссизм и психоанализ: вчера и сегодня. Предисловие к книге «Нарциссизм жизни. Нарциссизм смерти» (1983). *Журнал клинического и прикладного психоанализа*. 2021;2(3):6–23. URL: <https://psychoanalysis-journal.hse.ru/article/view/13292/13169> (дата обращения: 05.03.2026).
3. Мордкович В.Г. *Социальная активность: некоторые методические проблемы фиксации и измерения. Факторы социальной активности городского населения*. Москва: ИСИ АН СССР; 1986.
4. Сарджвеладзе Н.И. *Личность и ее взаимодействие с социальной средой: монография*. Тбилиси: «Мицниереба»; 1989. 206 с. URL: [http://lib.y-su.am/open\\_books/236530.pdf](http://lib.y-su.am/open_books/236530.pdf) (дата обращения: 05.03.2026).

#### Об авторах:

**Екатерина Сергеевна Цысь**, магистрант кафедры «Психология образования и организационная психология» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [katya.tsys.03@gmail.com](mailto:katya.tsys.03@gmail.com)

**Елена Александровна Суроедова**, доцент, кандидат психологических наук, доцент кафедры «Психология образования и организационная психология» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [suroedova@mail.ru](mailto:suroedova@mail.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

#### About the Authors:

**Ekaterina S. Tsys**, Master's Degree Student of the Department of Educational and Organizational Psychology, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [katya.tsys.03@gmail.com](mailto:katya.tsys.03@gmail.com)

**Elena A. Suroedova**, Cand.Sci. (Psychology), Associate Professor of the Department of Educational and Organizational Psychology, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [suroedova@mail.ru](mailto:suroedova@mail.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

## ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ



УДК 331.108

### Современные подходы к обучению персонала

А.Д. Хильченко, И.О. Богданова

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В статье рассматривается проблема низкой эффективности корпоративного обучения в условиях цифровой трансформации экономики, обусловленная разрывом между формальными программами повышения квалификации и фактическими потребностями бизнеса. Цель работы состоит в обосновании системного подхода к организации обучения персонала как стратегически значимого фактора конкурентоспособности организации. В качестве объектов анализа рассмотрены современные методы обучения: электронное обучение, Agile-подход и геймификация. Практическая значимость исследования определяется возможностью применения предложенных подходов при проектировании корпоративных систем обучения, ориентированных на достижение измеримых бизнес-показателей. Перспективы исследования связаны с интеграцией HR-аналитики и цифровых платформ в процессы непрерывного профессионального развития персонала.

**Ключевые слова:** система обучения персонала, принципы эффективности, методы обучения, оценка результатов, бизнес-цели организации

**Для цитирования.** Хильченко А.Д., Богданова И.О. Современные подходы к обучению персонала. *Молодой исследователь Дона.* 2026;11(3):123–127.

### Modern Approaches to Employee Training

Alina D. Khilchenko, Irina O. Bogdanova

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article studies the problem of low efficiency of corporate training explained by the gap between the formal professional development programs and the actual demands of business enterprises in the context of digital transformation of economy. The aim of the study is to substantiate a system approach to organising employee training as a strategically significant factor of enterprise competitiveness. Modern teaching methods, including e-learning, agile learning, and gamification, have been analysed. The practical significance of the study lies in the possibility of using the proposed approaches to designing corporate training ecosystems focused on achieving measurable business indicators. Further research can focus on studying the integration of HR data analysis and digital platforms into the processes of continuous professional development of employees.

**Keywords:** employee training ecosystem, principles of efficiency, teaching methods, evaluation of the results, business objectives of an enterprise

**For Citation.** Khilchenko AD, Bogdanova IO. Modern Approaches to Employee Training. *Young Researcher of Don.* 2026;11(3):123–127.

**Введение.** В условиях стремительной цифровой трансформации всех сфер экономической деятельности и нарастающей турбулентности внешней среды ключевым фактором, определяющим конкурентоспособность современной организации, становится не столько наличие передовых технологий или материальных ресурсов, сколько скорость их освоения персоналом и способность команды адаптироваться к непрерывным изменениям. Интеллектуальный капитал и уровень профессиональных компетенций сотрудников превращаются в основной стратегический актив, от качества управления которым напрямую зависят устойчивость бизнеса и его рыночные позиции. В этой связи построение эффективной системы корпоративного обучения закономерно переходит из разряда вспомогательных функций управления персоналом в категорию стратегических приоритетов, требующих системного подхода, целевого финансирования и вовлеченности высшего руководства.

Анализ реальной практики функционирования российских и зарубежных компаний свидетельствует о наличии существенного разрыва между декларируемой значимостью обучения и фактической эффективностью реализуемых программ. Как справедливо отмечает Г.Д. Вотрин, наблюдается заметная диверсификация подходов организаций к обучению персонала: одни компании лишь начинают осваивать базовые принципы, задаваясь вопросами «с чего начать» и «как не изобрести велосипед», в то время как другие — лидеры рынка — уже давно внедрили передовые цифровые практики, создали уникальные образовательные экосистемы и интегрировали обучение в повседневные бизнес-процессы [1]. Этот разрыв продолжает увеличиваться, что ставит перед научным сообществом и практиками задачу поиска универсальных, но одновременно гибких подходов к формированию системы обучения, способной функционировать в различных организационных контекстах.

Цель настоящей статьи заключается в теоретическом обосновании принципов построения эффективной системы обучения персонала и разработке практических рекомендаций по организации данного процесса на основе циклической модели, ориентированной на достижение измеримых бизнес-результатов.

**Основная часть.** В современной научной литературе, посвященной управлению человеческими ресурсами, утвердилось понимание обучения персонала как целенаправленного, систематически организованного процесса овладения знаниями, умениями, навыками и способами коммуникации под руководством опытных преподавателей, наставников и специалистов. Однако данное определение, при всей его корректности, не отражает стратегической функции обучения, которая заключается в формировании кадрового потенциала, способного решать не только текущие, но и перспективные задачи развития организации.

Обобщая существующие теоретические подходы, можно выделить ряд фундаментальных принципов, соблюдение которых является необходимым условием построения и эффективного функционирования системы обучения в любой организации независимо от ее отраслевой принадлежности и масштаба деятельности (таблица 1).

Таблица 1

Принципы, соблюдение которых является необходимым условием построения и эффективного функционирования системы обучения [2–4]

Наименование принципа	Описание
Системность	Предполагает отказ от практики фрагментарных, разовых мероприятий в пользу целостного, структурированного комплекса технологий, методов и процедур обучения; все элементы учебного процесса — от выявления потребностей до оценки результатов — взаимосвязаны, взаимообусловлены и работают на достижение единых целей; система обучения не может существовать изолированно; она должна быть органично встроена в общую систему управления персоналом и стратегию развития организации.
Целесообразность	Требует жесткой привязки содержания, форм и методов обучения к конкретным бизнес-целям организации. Формулировка целей обучения должна быть максимально конкретной, измеримой и соотноситься с ключевыми показателями эффективности подразделений и компании в целом.
Стандартизации	Обеспечивает воспроизводимость, предсказуемость и контролируемое качество процессов обучения. Разработка и внедрение четких регламентов, положений, инструкций и методических материалов позволяет унифицировать требования к результатам обучения, создать единую базу знаний и снизить зависимость процесса от человеческого фактора. Стандартизация не означает шаблонности; она создает платформу, на которой возможна последующая персонализация и адаптация учебных траекторий.
Триединство навыков	Подчеркивает необходимость сбалансированного, гармоничного развития трех взаимодополняющих групп компетенций: 1. Профессиональные («жесткие») навыки (hard skills) — технические знания и умения, непосредственно связанные с выполнением конкретных трудовых функций (работа с оборудованием, программным обеспечением, знание технологических процессов, нормативной базы и т.д.). 2. Цифровая грамотность — способность эффективно и безопасно использовать цифровые технологии, инструменты и платформы для решения профессиональных задач, поиска и анализа информации, коммуникации и кооперации в цифровой среде. 3. «Мягкие» навыки (soft skills) — над профессиональные, социально-психологические компетенции: коммуникация, работа в команде, эмоциональный интеллект, критическое мышление, креативность, адаптивность, способность к самообучению и самоорганизации. Практика доказывает, что перекос в развитии какой-либо одной группы навыков в ущерб другим снижает общую эффективность сотрудника.

Завершает перечень ключевых принципов принцип контроля, который предполагает обязательное проведение объективной, многосторонней оценки эффективности обучения с использованием комплекса качественных и количественных методик. Без выстроенной системы контроля любые, даже самые значительные вложения в обучение рискуют превратиться в «благие намерения» без какого-либо измеримого результата. Контроль позволяет не только оценить отдачу от инвестиций, но и выявить «узкие места», скорректировать программы и повысить их эффективность в будущем.

Процесс построения и последующего функционирования эффективной системы обучения персонала логично представить в виде последовательности трех взаимосвязанных и циклически повторяющихся этапов. Каждый из этих этапов требует пристального внимания, четкого планирования и вовлеченности ответственных лиц (таблица 2).

Таблица 2

Этапы построения и последующего функционирования эффективной системы обучения персонала [5–7]

Наименование этапа	Описание этапа	Основные направления деятельности на этом этапе
Подготовительный (диагностический)	Является фундаментом, определяющим успех всей последующей работы. Здесь закладываются цели, определяются приоритеты и распределяются ресурсы	Диагностика потребностей в обучении. Важно понимать, что потребности не сводятся к субъективным пожеланиям сотрудников («хочу пройти курс по тайм-менеджменту»). Прежде всего, необходимо выявить объективные дефициты компетенций, которые тормозят реализацию бизнес-процессов, снижают производительность, качество продукции или услуг, приводят к ошибкам и потерям. Инструментами диагностики выступают: анализ ключевых показателей эффективности, оценка результатов труда, наблюдение за рабочим процессом, опросы руководителей подразделений, анализ рекламаций и жалоб клиентов
		Формулировка целей обучения. Цели должны быть конкретными, измеримыми, достижимыми, релевантными и ограниченными во времени (SMART-критерии). Например: «Обучить 20 менеджеров отдела продаж технике преодоления возражений до 1 декабря, что должно привести к увеличению конверсии воронки продаж на 5% в первом квартале следующего года».
		Определение целевых групп персонала. Разные категории сотрудников (линейный персонал, специалисты, руководители) имеют разные потребности в обучении и требуют применения различных методов. Четкое выделение целевых аудиторий позволяет адресно подходить к разработке учебных программ
		Ресурсное обеспечение. На данном этапе необходимо определить источники и объем финансирования, выделить временные ресурсы (когда сотрудники будут учиться — в рабочее или нерабочее время), назначить ответственных за организацию и проведение обучения
Реализация (проведения обучения)	Практическое воплощение разработанных планов. Ключевым моментом является выбор и применение конкретных методов, форматов и технологий обучения.	Электронное обучение. Использование специализированных платформ (LMS — Learning Management System), электронных курсов, вебинаров, видеоуроков и других цифровых ресурсов. Ключевые преимущества e-learning: гибкость (возможность учиться в удобное время и в удобном темпе), масштабируемость (одновременный охват неограниченного числа сотрудников), доступность, возможность персонализации учебных траекторий и автоматизации контроля результатов.
		Геймификация. Внедрение игровых элементов (баллы, уровни, рейтинги, значки, соревновательные механики) в образовательный процесс. Геймификация значительно повышает вовлеченность и мотивацию сотрудников, позволяет отрабатывать навыки в безопасной, но эмоционально насыщенной среде, моделировать сложные рабочие ситуации и получать мгновенную обратную связь о действиях.

Наименование этапа	Описание этапа	Основные направления деятельности на этом этапе
		<p>Микрообучение. Подача учебного материала небольшими, легко усваиваемыми порциями (короткие видео, инфографика, подкасты, чек-листы), которые можно использовать непосредственно на рабочем месте в момент возникновения потребности. Микрообучение идеально подходит для отработки конкретных навыков и поддержания знаний в актуальном состоянии.</p> <p>Смешанное обучение. Комбинация различных форматов и методов — например, очных тренингов с последующим онлайн-сопровождением, электронных курсов с практикумами на рабочем месте. Смешанное обучение позволяет использовать сильные стороны каждого подхода и компенсировать их недостатки</p>
Оценка результатов	Критически важная стадия, которая служит точкой истины для всей системы обучения. Оценка не должна подменяться измерением удовлетворенности. Необходимо применять многоуровневые, объективные модели оценки.	<p>Наиболее признанной в мире является модель Дональда Киркпатрика, включающая четыре уровня:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Реакция. Оценка эмоционального восприятия обучения участниками. Хотя этот уровень самый поверхностный, положительная реакция является необходимым условием для дальнейшего усвоения материала.</li> <li>2. Усвоение. Измерение того, насколько участники освоили новые знания, умения и изменили свои установки. Проводится с помощью тестов, экзаменов, практических заданий, кейсов до и после обучения.</li> <li>3. Поведение. Оценка того, в какой степени участники применяют полученные знания и навыки на рабочем месте. Это наиболее сложный и трудоемкий уровень, требующий наблюдения, опросов руководителей и коллег, анализа результатов работы через определенный промежуток времени после обучения (например, через 1-3 месяца).</li> <li>4. Результаты. Оценка влияния обучения на ключевые бизнес-показатели организации: рост производительности труда, увеличение объемов продаж, снижение себестоимости, уменьшение числа ошибок и брака, повышение качества обслуживания клиентов, снижение текучести кадров. Именно этот уровень дает ответ на вопрос об экономической эффективности инвестиций в обучение</li> </ol>

Современные цифровые платформы и корпоративные информационные системы (CRM, ERP, системы учета рабочего времени) открывают принципиально новые возможности для получения объективных данных о связи между обучением и результативностью.

Данные, полученные в ходе оценки, становятся исходной точкой для нового цикла подготовки: выявляются новые дефициты, корректируются программы, уточняются цели. Тем самым система обучения превращается в непрерывный, самосовершенствующийся процесс (петлю качества).

Дальнейшие перспективы исследования данной проблематики связаны с углубленной проработкой вопросов интеграции HR-аналитики и больших данных в процессы оценки эффективности обучения, а также с изучением потенциала использования технологий искусственного интеллекта для персонализации учебных траекторий и создания адаптивных образовательных сред.

Принципиально важным является изменение философии восприятия обучения внутри организации. Оно должно рассматриваться не как статья расходов, которую при необходимости можно сократить, а как стратегическая инвестиция в ключевой актив — человеческий капитал. Инвестиции в развитие сотрудников создают фундамент долгосрочной конкурентоспособности, формируют кадровый резерв, повышают лояльность и вовлеченность персонала, а главное — обеспечивают способность организации быстро и адекватно реагировать на вызовы нестабильной внешней среды. Компания, которая учится быстрее и эффективнее конкурентов, получает неоспоримое преимущество, превращая знания и компетенции своей команды в источник устойчивого развития и лидерства на рынке.

**Заключение.** Подводя итог проведенному анализу, необходимо подчеркнуть, что формирование эффективной системы обучения персонала — это не разовое мероприятие и не покупка готового «коробочного» решения или приглашение модного тренера. Это сложная, многокомпонентная проектная работа по созданию организационного механизма, который функционирует на принципах системности, целесообразности и постоянного измерения ценности. Успех такой системы лежит на пересечении нескольких ключевых факторов: глубокого понимания стратегических целей бизнеса, грамотного применения классических управленческих подходов (принципы, этапность, контроль) и активного внедрения современных цифровых технологий (LMS-платформы, микрообучение, геймификация, HR-аналитика).

#### Список литературы

1. Вотрин Г.Д. Современные тенденции в обучении и развитии персонала малых торговых предприятий. *Креативная Экономика*. 2015;9(2):161–170. URL: <https://ideas.repec.org/a/scn/016458/16635281.html> (дата обращения: 16.02.2026).
2. Дорогинин А.В., Сычанина С.Н., Даллакян С.К. Исследование методов и стратегий управления персоналом в современных условиях. *Прикладные экономические исследования*. 2025;(1):99–106. <https://doi.org/10.47576/2949-1908.2025.1.1.012>
3. Ковалев Н.О., Осипова О.П. Формирование системы корпоративного обучения в современных рыночных условиях. *Современная высшая школа: инновационный аспект*. 2025;17(3(69)):31–40.
4. Пилипенко А.Г. Теоретические и современные подходы к формированию системы обучения персонала в организации. *Мировая наука*. 2026;(1(106)):152–156.
5. Пирогова Н. Б., Зимонина О.В. Виды и технологии обучения персонала в современной организации. *Экономика и социум*. 2024;(11-1(126)):1050–1055.
6. Скалиух К.В. Современные подходы к обучению персонала в организации. *Вестник науки*. 2024;(3(72)):152–156. URL: <https://www.xn----8sbempclcwd3bmt.xn--p1ai/article/13171> (дата обращения: 04.03.2026).
7. Шугушхова З.М., Субочева А.О. Новые направления развития персонала в условиях цифровой экономике на примере компании PWC. *Самоуправление*. 2020;(3(120)):444–447.

#### Об авторах:

**Алина Дмитриевна Хильченко**, магистрант кафедры «Экономика труда и управление персоналом» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [alina.hilchenko2002@yandex.ru](mailto:alina.hilchenko2002@yandex.ru)

**Ирина Олеговна Богданова**, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и менеджмент» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ibogdanova74@mail.ru](mailto:ibogdanova74@mail.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

#### About the Authors:

**Alina D. Khilchenko**, Master's Degree Student of the Labor Economics and Personnel Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [alina.hilchenko2002@yandex.ru](mailto:alina.hilchenko2002@yandex.ru)

**Irina O. Bogdanova**, Cand.Sci. (Economics), Associate Professor of the Economics and Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ibogdanova74@mail.ru](mailto:ibogdanova74@mail.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 658.5.011.56

### Экономическое обоснование применения искусственного интеллекта для оптимизации бизнес-процессов на предприятии

С.А. Гавриленко, А.Д. Руденко

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В статье исследуются возможности и ограничения искусственного интеллекта при замещении специалистов в сфере экономического анализа и финансов на предприятиях. Цель работы — оценить эффективность применения ИИ при решении технико-экономических задач по оптимизации производства. Объектом исследования выступают процессы экономического анализа, а методика включает расчет затрат на разработку и внедрение ИИ, сравнение их с расходами на оплату труда экономистов, а также анализ ответов ChatGPT на практические задачи. Установлено, что ИИ способен эффективно выполнять стандартизированные расчеты, однако не способен полностью замещать экономиста при нестандартных вычислениях и выборе методики анализа. Практическая значимость работы заключается в обосновании применения ИИ как инструмента поддержки специалистов. Перспективы исследования связаны с развитием моделей взаимодействия ИИ и экономистов.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, экономический анализ, технико-экономические расчеты, оптимизация производства, затраты, заработная плата, эффективность

**Для цитирования.** Гавриленко С.А., Руденко А.Д. Экономическое обоснование применения искусственного интеллекта для оптимизации бизнес-процессов на предприятии. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):128–133.

### Economic Rationale for Using Artificial Intelligence for Optimization of Enterprise Business Processes

Sofia A. Gavrilenko, Aleksandr D. Rudenko

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The article studies the capacities and limitations of artificial intelligence in replacing the enterprise specialists engaged in economic analysis and finance. The aim of the study is to evaluate the efficiency of using AI for solving technical and economic objectives targeted at the optimization of production. The objects of the study were the economic analysis processes. The research methodology included the calculation of costs for AI development and implementation, comparison of these costs with the salary expenceness of the economic specialists, and analysis of ChatGPT responses to solving the practical problems. It was found that AI can efficitently perform the standardized calculations, however cannot completely replace an economist in performing the non-standard calculations and in selecting the methods of analysis. The practical significance of the study lies in substantiating the use of AI as a tool to support the specialists. Future research can be related to the development of the AI-economists interaction models.

**Keywords:** artificial intelligence, economic analysis, technical and economic calculations, optimization of production, costs, wages, efficiency

**For Citation.** Gavrilenko SA, Rudenko AD. Economic Rationale for Using Artificial Intelligence for Optimization of Enterprise Business Processes. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):128–133.

**Введение.** В условиях цифровой трансформации экономики и активного внедрения технологий искусственного интеллекта особенно актуальным становится вопрос о пределах их применения в профессиональной деятельности специалистов экономического профиля. Если ранее автоматизация затрагивала преимущественно рутинные и технические операции, то современные системы ИИ, особенно большие языковые модели, начинают

использоваться в аналитической, расчетной и консультационной работе. Это усиливает научный и практический интерес к проблеме возможного замещения отдельных функций экономистов, финансистов и аналитиков на уровне предприятия.

Особую значимость данная проблема приобретает для предприятий, где специалисты в области экономики и финансов участвуют в технико-экономическом обосновании производственных решений, сравнении альтернативных технологий, анализе издержек, оценке эффективности бизнес-процессов и подготовке материалов для управленческих решений. В этих условиях искусственный интеллект рассматривается не только как инструмент ускорения расчетов, но и как потенциальный участник процесса экономического анализа. Вместе с тем практическое использование ИИ в данной сфере порождает вопрос: может ли он действительно заменить специалиста-экономиста либо его роль ограничивается поддержкой в рамках стандартизированных процедур.

В научной литературе проблема влияния искусственного интеллекта на труд и профессиональные функции раскрывается достаточно активно. В исследовании Международной организации труда подчеркивается, что основной эффект генеративного ИИ связан не столько с полной заменой работников, сколько с трансформацией их занятости и автоматизацией отдельных задач, прежде всего в сфере интеллектуального и административного труда. Исследование T. Eloundou, S. Manning, P. Mishkin и D. Rock [1] показывает, что около 80 % работников имеют как минимум часть трудовых задач, на которые большие языковые модели могут оказать заметное влияние, однако доля профессий, где затрагивается большая часть функций, существенно ниже. Авторы делают важный вывод о том, что корректнее говорить не о полном исчезновении профессий, а о перераспределении и изменении содержания выполняемых задач.

Существенный вклад в понимание данной проблемы вносит концепция синергии человека и искусственного интеллекта. В ее рамках ИИ рассматривается не только как средство автоматизации, но и как технология, способная повышать производительность труда специалиста, ускорять обработку информации, формировать предварительные выводы и помогать в поиске решений. При этом окончательная интерпретация результатов, выбор методики анализа и принятие управленческого решения во многих случаях остаются за человеком.

Несмотря на заметный рост числа работ по проблематике искусственного интеллекта, в литературе сохраняется определенный исследовательский пробел. Большая часть публикаций посвящена либо общему влиянию ИИ на рынок труда, либо его использованию в финансовом секторе в широком смысле, либо автоматизации типовых операций. В то же время сравнительно слабо изученным остается вопрос о том, насколько искусственный интеллект способен выполнять именно технико-экономические расчеты на уровне предприятия, где требуется не только обрабатывать исходные данные, но и выбирать оптимальную методику сравнения, учитывать нестандартные производственные условия, проводить многокритериальную оценку и формулировать выводы, пригодные для принятия бизнес-решений. Следовательно, научный интерес представляет не абстрактное рассуждение о «замене экономиста искусственным интеллектом», а более точное определение границ применимости ИИ в решении прикладных экономических задач.

Целью статьи является оценка возможностей и ограничений искусственного интеллекта при решении задач экономического анализа и финансового обоснования производственных решений на предприятии. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи: во-первых, определить затраты на разработку, внедрение и сопровождение ИИ-решений; во-вторых, сопоставить эти затраты с расходами на оплату труда специалистов экономического профиля; в-третьих, проверить качество решений, формируемых искусственным интеллектом, на примере решения прикладных технико-экономических задач. Такой подход позволяет перейти от общей постановки проблемы к ее прикладному исследованию на уровне предприятия и определить реальные перспективы использования искусственного интеллекта в экономической практике.

**Основная часть.** Оценим потенциальную стоимость разработки и применения искусственного интеллекта (ИИ) [2–4]. На разработку и обучение ИИ, который будет использоваться локально на одном предприятии, требуется от 700 тысяч рублей сроком на 3 месяца. На цену и время вложений влияет выбор: разработка на основе готовых моделей или разработка с нуля. Поддержание готовой модели потребует аренды сервера в стоимость около 40 тысяч рублей без дообучения.

Если же рассмотреть отдельную компанию, которая разработает универсальную платформу ИИ, позволяющая адаптировать и обучить под определенную нишу и предпочтения клиента, то вложения будут выше. Разработка — от 2 миллионов рублей и времени от 10 месяцев. Поддержание — от 300 тысяч рублей в месяц. Ежегодное обновление и дообучение — от 1 миллиона рублей. Для учета непредвиденных накладных расходов воспользуемся коэффициентом  $k = 1,5$ .

По формуле 1 рассчитываются ежемесячные расходы организации в течение срока разработки ИИ:

$$Z_{mc} = \left( \frac{P}{M_c} + \Pi \right) \times k, \quad (1)$$

где  $P$  — стоимость разработки ИИ;  $M_c$  — количество месяцев на разработку самостоятельно организацией;  $\Pi$  — стоимость поддержки.

$$З_{м_с} = \left( \frac{700}{3} + 40 \right) * 1,5 = 410 \text{ тыс.рублей.}$$

При этом необходимо учитывать ежегодное дополнительное обучение ИИ под современные условия, стоимость которого составит половину расходов на разработку. В таком случае затраты на собственный ИИ за первый год определяются по формуле 2, а в последующие годы — по формуле 3.

$$З_{с1} = (P + П * 12) * k, \quad (2)$$

$$З_{с1} = (700 + 40 * 12) * 1,5 = 1770 \text{ тыс.рублей,}$$

$$З_{с2} = (P / 2 + П * 12) * k, \quad (3)$$

$$З_{с2} = (700 / 2 + 40 * 12) * 1,5 = 1245 \text{ тыс.рублей.}$$

Аналогичным образом проводятся расчеты с отдельной компанией, которая предоставляет услуги своей платформы ИИ. По формуле 4 рассчитываются ежемесячные затраты на время разработки универсальной ИИ-модели.

$$З_{м_о} = \left( \frac{P}{M_o} + П \right) * k, \quad (4)$$

где  $M_o$  — количество месяцев на разработку отдельной компанией.

$$З_{м_о} = \left( \frac{2000}{10} + 300 \right) * 1,5 = 750 \text{ тыс.рублей.}$$

Дополнительно необходимо настроить искусственный интеллект под предпочтения клиента. Поэтому в себестоимость услуги будет входить половина стоимости разработки отдельного ИИ (если предприятие самостоятельно разрабатывало). Также необходимо учитывать ежегодное обновление ИИ, что составит 1,5 миллиона рублей (формула 5).

$$З_{об} = \frac{P}{2} * k, \quad (5)$$

$$З_{об} = \frac{2000}{2} * 1,5 = 1500 \text{ тыс.рублей.}$$

На январь 2026 года в России насчитывается 22125 предприятий [5]. Предположим, что 1 % из них будут клиентами компании. Рассчитаем себестоимость ИИ в первый (формула 6) и последующие годы (формула 7).

$$З_{о1} = \frac{З_{м_о} * M_o}{Орг * 0,01} + \frac{З_{м_с} * M_c}{2}, \quad (6)$$

$$З_{о1} = \frac{750 * 10}{22125 * 0,01} + \frac{410 * 3}{2} = 615,3 \text{ тыс.рублей,}$$

$$З_{о2} = \frac{З_{об} + П * 12}{Орг * 0,01} + \frac{З_{м_с} * M_c}{2}, \quad (7)$$

$$З_{о2} = \frac{1500 + 300 * 12}{22125 * 0,01} + \frac{410 * 3}{2} = 638,1 \text{ тыс.рублей.}$$

Теперь рассмотрим расходы предприятия на оплату труда экономиста-аналитика бизнес-процессов. Медианная заработная плата специалиста в сфере экономического анализа и финансов достигает 92 тысяч рублей [6]. По данным Росстата, среди работающих граждан 11,1 % составляют специалисты в области бизнеса и администрирования, а также средний специальный персонал по экономической и административной деятельности [7]. Средняя численность сотрудников на производстве равна примерно 263 человека. Таким образом, по формуле 8 можно рассчитать годовую сумму затрат на работу такого специалиста.

$$З_э = Чр * ЗП * 12 * 1,3, \quad (8)$$

где  $Чр$  — численность работников;  $ЗП$  — медианная заработная плата экономиста.

$$З_э = 263 * 0,111 * 92 * 12 * 1,3 = 41620,8 \text{ тыс.рублей.}$$

Тем самым расходы на экономистов в среднем обходятся предприятиям в 41,6 миллиона рублей, что в 23 раза дороже внедрения собственной ИИ-модели.

Необходимо также понимать уровень качества решения технико-экономических задач в сфере бизнес-планирования ИИ [8]. Сравним две методики производства на промышленном предприятии (таблица 1).

Обработка запросов ChatGPT двух технологий производства

Запрос	Ответ
<p>Тебе нужно сейчас решить производственную задачу. Должен определить общий показатель для сравнения и провести подробный анализ для принятия бизнес-решения. Сравни две технологии экструзии пищевой пленки. Технология 1 — использование сырья А при высокой термообработке и давления. Используется 100 кг сырья стоимостью 1250 рублей, затраченное электроэнергия 15 квт (стоимость 1 квт 7 рублей). На выходе получается 87 кг пленки, из них 2% уйдет в мусор. Рабочего времени используется 8 часов. Один час работы 300 рублей + 30% страховые выплаты. Технология 2 — использования сырья А (аналогичное в технологии 1) и Б только под давлением. Используется 75 кг сырья А и сырье Б стоимость 600 рублей за 30 кг. Затрачено энергии 10 квт, рабочего времени 10 часов. На выходе получается 97 кг пленки, из них 4% в мусор. 100 кг сырья А и Б занимают 1 м<sup>3</sup> на складе, его стоимость в день 2,7 рубля. За 5 дней необходимо изготовить 500 кг готовой пленки. Какая методика лучше подойдет и какая эффективней?</p>	<p>Итого для технологии 1: сырье — 1250 рублей, электроэнергия — 105 рублей, стоимость рабочей силы — 3120 рублей, хранение: 13,5 рублей. Общие затраты на 87 кг продукции — 4488,5 рублей. На 500 кг готовой пленки (с учетом потерь) будет использовано ≈26365,6 рублей. Итого для технологии 2: сырье А — 1250 рублей, сырье Б — 600 рублей, электроэнергия — 70 рублей, стоимость рабочей силы — 3900 рублей, хранение — 13,5 рублей. Общие затраты на 97 кг продукции — 5833,5 рубля. На 500 кг готовой пленки (с учетом потерь) будет использовано — 31279,5 рубля. Выводы: – технология 1 имеет меньшие затраты на производство 500 кг пленки (26365,6 рублей против 31279,5 рублей для технологии 2); – технология 1 использует меньше сырья и энергии, что делает её более эффективной с точки зрения стоимости; – технология 2 дает больший выход продукции, несмотря на более высокие затраты.</p>
<p>Сравни стоимость производств за сутки. Какая дополнительная информация необходима для более качественного анализа?</p>	<p>Технология 1: за сутки будет произведено — 261 кг пленки, стоимость производства — 13481,5 рубля. Технология 2: за сутки будет произведено — 232,8 кг пленки, стоимость производства — 14024,4 рубля. Вывод: технология 1 является более экономичной в стоимостном выражении, так как на 500 кг пленки потребуются затрат 13481,5 рублей за сутки. Дополнительные данные, которые могут помочь: детальная информация о потерях в процессе производства, данные о долгосрочных затратах на обслуживание оборудования, влияние на качество пленки в зависимости от типа технологии, цены на энергоносители (электричество, газ) в долгосрочной перспективе/</p>

Исходя из таблицы 1 можем отметить качественную работу искусственного интеллекта при подробном написании промта. Однако стоит обратить внимания на ответы в таблицах 2 и 3, где в первой ИИ пробовал самостоятельно ответить, а во второй — со вмешательством экономического аналитика.

Таблица 2

Обработка запросов ChatGPT двух технологий выращивания рыб

Запрос	Ответ
<p>Тебе необходимо сравнить два способа выращивания рыб. Оцени эффективность каждого способа и укажи, какой наиболее предпочтительней. Исходные данные для проведения оценки по технологии biofloc: потребление бактерий в месяц — 22 грамма, стоимость 1 гр. бактерий — 0,2 рубля, средние потребление корма в месяц — 47,5 кг, стоимость приобретения 1 кг корма — 200</p>	<p>Biofloc общий расход за месяц: бактерии — 4,4 рублей, корм — 9500 рублей, стоимость рыбы — 48384 рублей., затраты на воду — 81 рублей, рабочие часы — 11590 рублей, электричество — 266 рублей. Итого — 18385,4 рублей. Установка замкнутого водоснабжения (фильтры) общий расход за месяц: корм — 11600 рублей, стоимость рыбы — 48384 рублей, затраты на воду —</p>

<p>рублей, начальный вес рыбы — 0,016 кг, конечный вес рыбы — 0,962 кг, срок нахождения рыбы в бассейне — 6 месяцев, площадь и объём резервуаров — 1 м<sup>3</sup>, количество рыб в одном резервуаре — 252 шт., % выживаемости рыб — 98%, стоимость приобретения одной рыбы — 192 рублей, потребление воды в месяц — 1,5 М<sup>3</sup>, стоимость 1 м<sup>3</sup> воды — 54 рубля, количество рабочих часов с резервуаром в месяц — 38 часов, оплата 1 часа работника — 305 рублей, стоимость потребления электроэнергии в час — 7 рублей, процент мяса в рыбе — 60%.</p> <p>Исходные показатели при использовании установки замкнутого водоснабжения: стоимость оборудования — 300000 рублей, срок службы оборудования — 5 лет, среднее потребление корма в месяц — 58 кг, стоимость приобретения 1 кг корма — 200 рублей, начальный вес рыбы — 0,016 кг, конечный вес рыбы — 0,721 кг, срок нахождения рыбы в бассейне — 6 месяцев, площадь и объём резервуаров — 1 м<sup>3</sup>, количество рыб в одном резервуаре — 252 шт., % выживаемости рыб — 96%, стоимость приобретения одной рыбы — 192 рубля, потребление воды в месяц — 2,17 м<sup>3</sup>, стоимость 1 м<sup>3</sup> воды — 54 рубля, количество рабочих часов с резервуаром в месяц — 31 час, оплата 1 часа работника — 305 рублей, потребление электроэнергии оборудованием в час — 10,8 рублей, частота смены фильтров и их стоимость — 65 000 рублей (меняется раз в 5 лет, каждый месяц промываются водой), потребление электроэнергии освещением в час — 2,21 рублей, процент мяса в рыбе — 55%.</p>	<p>117,18 рублей, рабочие часы — 9455 рублей, электричество — 334,8 рублей, электрическое освещение — 68,41 рублей, стоимость фильтров (ежемесячная часть) — 1083,33 рублей.</p> <p>Итого — 15888,02 рублей.</p> <p>Заключение — метод фильтров (замкнутое водоснабжение) является финансово выгоднее с точки зрения ежемесячных затрат, так как его расходы на 2497,38 рублей меньше, чем у метода Biofloc.</p>
--	--

Таблица 3

Обработка запросов ChatGPT двух методов выращивания рыб с помощью экономиста-аналитика

Запрос	Ответ
<p>Сравни стоимость изменения 1 процента роста физических показателей рыбы и стоимость изменения 1 процента мяса рыбы</p>	<p>Цена за стоимость изменения 1 процента роста физических показателей рыбы: biofloc — 3,12 рублей.; фильтры (замкнутое водоснабжение) — 3,53 рубля.</p> <p>Цена стоимость изменения 1 процента мяса рыбы: biofloc — 306,42 рублей; фильтры (замкнутое водоснабжение) — 288,96 рублей.</p> <p>Итоги: цена за процент изменения рыбы — biofloc выгоднее, так как цена за процент изменения веса рыбы у него ниже; цена за процент мяса рыбы — фильтры (замкнутое водоснабжение) выгоднее, так как цена за процент мяса рыбы у него ниже/</p>

Мнение нейросети было изменено после того, как были предложены другие формульные вычисления, которые лучше подходили для сравнения вариантов изменения бизнес-процессов, по мнению экономистов.

**Заключение.** По результатам исследования установлено, что использование искусственного интеллекта в деятельности предприятия обладает выраженным экономическим потенциалом. Выполненные расчеты показали, что затраты на разработку, внедрение и сопровождение ИИ-решений ниже расходов на оплату труда специалистов экономического профиля: в среднем расходы на экономистов составляют около 41,6 млн рублей в год, что существенно превышает стоимость применения собственной ИИ-модели. Следовательно, с позиции издержек внедрение ИИ может рассматриваться как экономически оправданное направление оптимизации бизнес-процессов.

Практическая часть исследования показала, что искусственный интеллект достаточно эффективно справляется с решением стандартизированных технико-экономических задач, если исходные данные заданы полно, а логика расчета не требует самостоятельного выбора сложной методики анализа. На примере сравнения производственных технологий установлено, что ИИ способен проводить расчеты, сопоставлять варианты и формулировать выводы, пригодные для предварительного экономического обоснования решений.

Вместе с тем выявлено, что при решении более сложных и нестандартных задач, где требуется не только расчет, но и выбор критерия эффективности, определение аналитического подхода и интерпретация результата, ИИ демонстрирует ограничения. В частности, на примере сравнения методов выращивания рыбы было установлено, что первоначальный вывод, полученный без корректировки со стороны экономиста, не в полной мере отражал экономическую сущность сравнения. Это свидетельствует о том, что искусственный интеллект пока не способен полностью заменить специалиста в области экономического анализа.

Так можно сказать, что ИИ может эффективно выполнять вспомогательные, расчетные и частично аналитические функции, но нуждается в контроле со стороны специалиста при решении нестандартных прикладных задач. Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой критериев разграничения задач, которые могут быть переданы ИИ полностью, частично либо должны оставаться в зоне ответственности экономиста.

### Список литературы

1. *Generative AI and Jobs: A Global Analysis of Potential Effects on Job Quantity and Quality*. URL: [https://www.ilo.org/publications/generative-ai-and-jobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.ilo.org/publications/generative-ai-and-jobs-global-analysis-potential-effects-job-quantity-and?utm_source=chatgpt.com) (дата обращения: 28.03.2026).
2. Алентьев Д. *Сколько стоит нейросеть: расчет стоимости*. URL: <https://scrile.ru/stoimost-neiroseti/?ysclid=mkcp77ei7v481981840> (дата обращения: 02.03.2026).
3. ИИ дороже, чем вы думаете. *Технологика*. URL: <https://www.technologika.ru/blog/ai-costs?ysclid=mkcp9egdyh806093502> (дата обращения: 02.03.2026).
4. *Сколько стоит запустить свой ИИ? Разбираем бюджеты от \$0 до миллионов*. URL: <https://tenchat.ru/media/3472514-skolko-stoit-zapustit-svoy-ii-razbirayem-byudzhety-ot-0-do-millionov?ysclid=mkcp9th39b256545473> (дата обращения: 02.03.2026).
5. *Промышленная карта России 2026*. URL: <https://productcenter.ru/map> (дата обращения: 02.03.2026).
6. *Вакансии экономист*. URL: <https://hh.ru> (дата обращения: 02.03.2026).
7. *Труд и занятость в России 2025*. Федеральная служба государственной статистики Росстат. URL: [https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Trud\\_2025.pdf](https://www.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Trud_2025.pdf) (дата обращения: 02.03.2026).
8. *Чат экономических задач*. URL: <https://chatgpt.com> (дата обращения: 02.03.2026).

### Об авторах:

**Александр Дмитриевич Руденко**, студент бакалавриата кафедры «Экономика и менеджмент» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [adrudenko@gmail.com](mailto:adrudenko@gmail.com)

**Софья Алексеевна Гавриленко**, старший преподаватель кафедры «Экономика и менеджмент» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [sofia77728@yandex.ru](mailto:sofia77728@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

### About the Authors:

**Aleksandr D. Rudenko**, Bachelor's Degree Student of the Economics and Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [adrudenko@gmail.com](mailto:adrudenko@gmail.com)

**Sofia A. Gavrilenko**, Senior Lecturer of the Economics and Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [sofia77728@yandex.ru](mailto:sofia77728@yandex.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

*All authors have read and approved the final manuscript.*

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 331.5.024.52

### Анализ моделей прогнозирования трудовых ресурсов

К.А. Бармута, М.М. Енгибарян

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

Рассмотрены основные виды моделей и методов прогнозирования трудовых ресурсов, составлена их группировка, учитывающая появление новых цифровых технологий и возможностей их использования в прогнозировании рынка труда. Установлено, что ключевыми факторами, определяющие количественное и качественное содержание большинства прогнозных моделей, являются следующие: профессионально-квалификационная структура рынка труда, социально-демографические изменения, экономические факторы (уровень оплаты труда, производительность труда). Выявлены проблемы, связанные с применением моделей и методов прогнозирования трудовых ресурсов, что рекомендовано учитывать при проведении научных исследований в данной области.

**Ключевые слова:** рынок труда, спрос на труд, предложение труда, балансовые модели, статистические модели, сценарный подход

**Для цитирования.** Бармута К.А., Енгибарян М.М. Анализ моделей прогнозирования трудовых ресурсов. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):134–137.

### Analysis of Workforce Forecasting Models

Karine A. Barmuta, Margarita M. Engibaryan

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

The main types of workforce forecasting models and methods have been studied, and their classification with respect to the potential of using the emerging digital technologies in labor market forecasting has been proposed. The following key factors determining the quantitative and qualitative essence of the majority of forecasting models have been distinguished: profession-and-qualification-based structuring of the labor market, socio-demographic changes, and economic factors (salary level, labor productivity). Challenges in implementing the workforce forecasting models and methods have been identified, which should be considered when conducting research in this scientific area.

**Keywords:** labor market, labor demand, labor supply, balance models, statistical models, scenario approach

**For Citation.** Barmuta KA. Engibaryan MM. Analysis of Workforce Forecasting Models. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):134–137.

**Введение.** Модели прогнозирования трудовых ресурсов выступают критически важным инструментом для органов власти экономически развитых стран. Они применяются при разработке программ, планов и прогнозов экономического развития, обеспечивая баланс спроса и предложения на рынке труда, а также выявление дефицита и избытка кадров. Цифровизация разнообразных видов трудовой деятельности актуализировала в научной среде вопросы трансформации рынка труда по профессиям, видам деятельности, формам занятости и трудовой миграции. В ответ разрабатываются разнообразные модели для оценки занятости, предложения рабочей силы, спроса на труд, перемещений персонала. Существенный вклад вносит внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ), способных обрабатывать большие объёмы неструктурированных данных — резюме, анкеты соискателей, вакансии работодателей. На этой основе создаются подходы, интегрирующие ИИ в ключевые направления исследований. Новые модели прогнозирования обретают теоретическое обоснование с опозданием, что требует их систематизации, классификации и признания в научном сообществе — вот чем обусловлена актуальность данного исследования.

Теоретическая база прогнозирования трудовых ресурсов достаточно проработана. Эволюция подходов прослеживается от простых балансовых моделей 1960–1990 гг. к сложным многопараметрическим конструкциям

типа MACBETH, учитывающим не только количественные параметры спроса и предложения труда, но и качественные характеристики — уровень образования, профессиональные навыки и прочее [1]. Вместе с тем развитие цифровой экономики как новой парадигмы требует переосмысления управленческого арсенала в сфере прогнозирования рынка труда, в особенности систематизации и критического анализа новейших возможностей моделирования занятости. Исследования в литературе фокусируются на разрозненных аспектах — статистических моделях [2, 3], сценарных конструкциях, — не охватывая проблему в комплексе [4].

Цель исследования — анализ современных моделей прогнозирования рынка труда и выявление определяющих их содержания факторов. Для её достижения решаются задачи: определение типов моделей трудовых ресурсов, их систематизация и группировка, выделение ключевых факторов формирования моделей, установление проблем и ограничений их применения.

**Основная часть.** Современное прогнозирование трудовых ресурсов опирается на данные масштабных социологических и демографических исследований рынка труда [1, 5]. В России подобные обследования ведут учёные Российской академии наук, НИУ «Высшая школа экономики», а также отдельные научные коллективы [6–8].

Статистические модели и методы остаются наиболее востребованными в этой области. Система математических конструкций для оценки цифровой экономики, включая рынок труда, изложена в монографии «Цифровая трансформация экономики: эмпирические факты и математические модели» [2]. Примером практической апробации служит статистическая модель анализа и прогнозирования кадровой потребности Челябинской области в условиях цифровизации, разработанная Е.А. Неживенко, С.А. Головихиным и А.Н. Васюковым [3].

Прогноз состояния и динамики регионального рынка труда, выполненный Г.П. Горбачевой и И.А. Эсауловой [9], основан на взаимосвязанной системе показателей: спросе и предложении рабочей силы, ожидаемых демографических и миграционных тенденциях, потребностях предприятий в кадрах, уровне экономического развития территории.

Сценарный подход к моделированию воплощён Л.И. Миграновой и А.И. Миняевым в исследовании [4] кадровой обеспеченности региона с учётом индивидуальных характеристик агентов, их предпочтений. Модель позволяет оценивать число трудоустроенных, безработных и межрегиональных мигрантов.

Привлечение экспертов для создания экстенсивных и интенсивных сценариев развития территории позволило авторам [10] разработать прогнозы трудового потенциала АПК Рязанской области в цифровой экономике до 2030 года. Автор Т.Н. Савина в статье [11] представляет оценку ключевых показателей регионального рынка труда на примере Республики Мордовия с использованием демографических данных Министерства экономики республики. Выделяется негативная тенденция — сокращение населения, — но прогнозируется снижение безработицы.

В статье [12] предложена гравитационная модель перетока трудовых ресурсов при межрегиональной миграции. Она учитывает как смену региона без изменения экономической деятельности (определяя регионы-доноры и притяжения), так и случаи, когда с перемещением места работы трансформируется сфера занятости.

На основе анализа экономической литературы сформированы следующие группы моделей и методов прогнозирования трудовых ресурсов (рис. 1).



Рис. 1. Группировка моделей и методов прогнозирования трудовых ресурсов

Анализ содержания моделей, применяемых для прогнозирования региональных трудовых ресурсов, позволил выявить ключевые факторы, определяющие их количественные и качественные характеристики:

- профессионально-квалификационная структура. Её трансформация обуславливает необходимость прогнозирования потребности в кадрах по специальностям для адаптации образовательной системы к современным реалиям — возникновению новых профессий в сфере цифровой экономики и формированию требований к наличию цифровых компетенций у представителей традиционных областей занятости;
- социально-демографические сдвиги. Корректировка половозрастной структуры населения и динамика уровня рождаемости существенным образом меняют конъюнктуру рынка труда;
- экономические детерминанты. Внедрение передовых технологий способствует росту производительности труда. С одной стороны, специалисты, обладающие дефицитными цифровыми навыками, требуют пересмотра подходов к премированию, с другой — роботизация производственных процессов влечёт за собой сокращение спроса на человеческий труд и минимизацию соответствующих издержек. Кроме того, под воздействием цифровизации трансформируются уровень и структура трудоёмкости изготовления продукции.

Перечисленные факторы определяют показатели, выступающие параметрами моделирования, а также векторы, влияющие на динамику данных величин.

Многообразие существующих инструментов прогнозирования во многом продиктовано наличием ограничений в их практическом использовании. На основе проведённого исследования были классифицированы следующие группы проблем применения прогностических моделей:

- неудовлетворительное качество исходной информации, включая статистические сведения. Несмотря на развитую национальную систему отраслевых обследований, сохраняется дефицит полноты и надёжности данных, их фрагментарность. Одной из причин является наличие сегмента теневого занятости, из-за которого реальное положение дел может не соответствовать статистической модели. Кроме того, становление рынка цифровой занятости меняет ландшафт рынка труда, однако фундаментальные изыскания в данной области начались лишь в последние годы [8], что ограничивает базу для формирования объективных прогнозов;
- стагнация методологического аппарата, например, использование линейных зависимостей в условиях нелинейных процессов. Также фиксируются сложности адаптации релевантных зарубежных эконометрических моделей к отечественной специфике и недостаток фундаментальных работ, описывающих рыночные механизмы;
- слабая проработка методологии учёта качественных индикаторов. Значимыми характеристиками современных кадров являются не только квалификация, но и развитый эмоциональный интеллект, стрессоустойчивость и навыки командного взаимодействия. Тем не менее данные параметры крайне сложно формализовать для включения в математический аппарат;
- высокая волатильность внешней среды. В эпоху цифровизации технологическое обновление происходит стремительно. Геополитическая, климатическая и эпидемиологическая нестабильность провоцируют шоковые ситуации, в которых долгосрочное планирование теряет точность, а сценарное моделирование становится затруднительным;
- демографические вызовы. Наблюдается глобальная тенденция сокращения численности населения в трудоспособном возрасте. Интенсификация мобильности и появление виртуальной миграции усиливают отток квалифицированных кадров, порождая диспропорции в развитии территорий, которые трудно предсказать традиционными способами;
- инертность образовательной системы. Например, развитие ИИ меняет структуру спроса на специалистов, однако институты образования реагируют на запросы работодателей с лагом, что провоцирует дисбаланс в высокотехнологичных отраслях.

**Заключение.** В цифровую эпоху прогнозирование трудовых ресурсов обретает новые перспективы благодаря трансформации классических подходов посредством использования больших данных и искусственного интеллекта. В статье обобщены методы прогнозирования с учётом инновационных возможностей. Установлено, что, несмотря на расширение методологической базы, сохраняются проблемы низкой достоверности данных, депопуляции и низкой реактивности образовательной среды. Авторы полагают, что внедрение комплексного подхода, сочетающего качественные и количественные методы, позволит нивелировать описанные риски.

#### Список литературы

1. Акаев А.А., Петряков А.А., Сарыгулов А.И. Прогнозирование рынка труда на этапе перехода к цифровой экономике. *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. 2021;(4(130)):14–20. URL: <file:///C:/Users/msnoving/Downloads/prognozirovanie-rynka-truda-na-etape-perchoda-k-tsifrovoy-ekonomike.pdf> (дата обращения: 01.04.2026).

2. Акаев А.А., Ичкитидзе Ю.Р., Петряков А.А., Сарыгулов А.И. *Цифровая трансформация экономики: эмпирические факты и математические модели*. Санкт-Петербург: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений; 2020. 336 с.
3. Неживенко Е.А., Головихин С.А., Васюков А.Н. Прогноз кадровой потребности в условиях цифрового развития региона. *Вестник Челябинского государственного университета*. 2022;(12(470)):68–78. <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2022-11208>
4. Мигранова Л.И., Минязев А.И. Прогнозирование кадровой обеспеченности региона на основе агент-ориентированного подхода. *Фундаментальные исследования*. 2022;(12):130–136. <https://doi.org/10.17513/fr.43409>
5. Hopkins M. *Labour Market Planning Revisited*. London, Palgrave Macmillan; 2002.
6. Шевяков А.Ю., Кирута А.Я. *Неравенство, экономический рост и демография: неисследованные взаимосвязи*. Москва.: М-Студио; 2009. 192 с.
7. Узякова Е.С., Широков А.А. Занятость и производительность труда в России: анализ и прогноз. *Проблемы прогнозирования*. 2024;(4):6–20. <https://doi.org/10.47711/0868-6351-205-6-20>
8. Синявская О.В. *Платформенная занятость в России: динамика распространенности и ключевые характеристики занятых*. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва: Дом Высшей школы экономики; 2024. 65 с. <https://doi.org/10.17323/978-5-7598-4067-1>
9. Горбачева Г.П., Эсаулова И.А. Методический подход к формированию прогнозной модели регулирования регионального рынка труда. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*. 2016;(2):221–234.
10. Конкина В.С., Пикушина М.Ю., Шашкова И.Г. Прогнозирование потребности в трудовых ресурсах для АПК Рязанской области в условиях цифровой экономики. *Фундаментальные исследования*. 2021;(12):156–160. <https://doi.org/10.17513/fr.43169>
11. Савина Т.Н. Оценка и прогноз потенциальных угроз регионального рынка труда. *Финансы и кредит*. 2019;25(3):721–736. <https://doi.org/10.24891/fc.25.3.721>
12. Созинова А.А., Савельева Н.К., Чупраков Д.В., Сайдакова В.А., Ведерников А.А. Особенности исследования перетока трудовых ресурсов в рамках межрегиональной миграции. *Экономика труда*. 2024;11(12):2107–2120. <https://doi.org/10.18334/et.11.12.122195>

**Об авторах:**

**Каринэ Александровна Бармута**, профессор, заведующий кафедрой «Экономика и менеджмент» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [carinaba@yandex.ru](mailto:carinaba@yandex.ru)

**Маргарита Мартуниковна Енгибарян**, бакалавр кафедры «Экономика и менеджмент» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [leemar2115@gmail.com](mailto:leemar2115@gmail.com)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

**About the Authors:**

**Karine A. Barmuta**, Dr.Sci. (Economics), Professor, Head of the Economics and Management Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [carinaba@yandex.ru](mailto:carinaba@yandex.ru)

**Margarita M. Engibaryan**, Bachelor's Degree Student of the Department of Economics and Management, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [leemar2115@gmail.com](mailto:leemar2115@gmail.com)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



УДК 332.145

### Циркулярный город как система формирования материальных потоков и инфраструктуры замкнутого цикла

М.О. Гнеденко, О.И. Усаткина

Академия архитектуры и искусств, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В условиях нарастающей урбанизации и дефицита ресурсов особую актуальность приобретает формирование устойчивых моделей городского развития. Целью настоящей работы является изучение концепции циркулярного города как системы управления материальными потоками и создания инфраструктуры замкнутого цикла. В качестве объекта исследования выступает городская среда, рассматриваемая как совокупность взаимозависимых инфраструктурных систем. В статье применён аналитический подход к исследованию парадигмы циркулярной экономики и специфики её внедрения в различные сегменты городского хозяйства. По итогам проведённого анализа были выявлены фундаментальные принципы функционирования циркулярного города, а также определены перспективные возможности их практической реализации. Научно-практическая значимость изыскания заключается в обосновании направлений трансформации городской инфраструктуры, нацеленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду и рационализацию ресурсопотребления. Сформулированные выводы могут быть интегрированы в процессы разработки стратегических программ и дорожных карт по обеспечению устойчивого развития современных агломераций.

**Ключевые слова:** циркулярный город, экономика замкнутого цикла, материальные потоки, инфраструктура замкнутого цикла, устойчивое развитие городов, ресурсоэффективность

**Для цитирования.** Гнеденко М.О., Усаткина О.И. Циркулярный город как система формирования материальных потоков и инфраструктуры замкнутого цикла. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(3):138–141.

### Circular City as the Material Flow and Closed-Loop Infrastructure Forming System

Maria O. Gnedenko, Olga I. Usatkina

Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

In the context of increasing urbanization and resource depletion, the search for sustainable models of urban development becomes particularly relevant. The aim of the article is to study the concept of the circular city as a system for managing material flows and developing closed-loop infrastructure. The urban environment became an object of the study and was considered as a set of interdependent infrastructure systems. Analytical approach was used to investigate the circular economy paradigm and the specifics of its implementation in various sectors of municipal economy. In the frame of analysis, the fundamental principles of circular city operation were revealed and prospects for their practical implementation were identified. The scientific and practical significance of the study lies in substantiating the directions for urban infrastructure transformation aimed at minimizing the anthropogenic impact on the environment and ensuring rational resource consumption. The research findings can be integrated into the strategic programs and roadmaps for sustainable development of modern urban agglomerations.

**Keywords:** circular city, closed-loop economy, material flows, closed-loop infrastructure, sustainable urban development, resource efficiency

**For Citation.** Gnedenko MO, Usatkina OI. Circular City as the Material Flow and Closed-Loop Infrastructure Forming System. *Young Researcher of Don*. 2026;11(3):138–141.

**Введение.** Современные мегаполисы являются крупнейшими центрами линейного потребления ресурсов и образования отходов, однако в условиях изменения климата, роста урбанизации и ограниченности природных ресурсов традиционная линейная модель экономики становится всё менее жизнеспособной [1].

Отдельной проблемой современной городской экономики является избыточность инфраструктуры, которая в научной литературе иногда обозначается термином «инфраструктурные отходы» — некоторые элементы городской инфраструктуры используются лишь частично и значительную часть времени остаются невостребованными. Несоразмерность между инфраструктурой и уровнем её использования часто можно наблюдать, например, среди объектов улично-дорожной сети, в офисных зданиях, на территориях парковок. В частности, личный автомобиль в европейских городах большую часть времени простаивает, а офисные пространства используются лишь наполовину даже в течение рабочего дня.

Схожие проблемы наблюдаются и в системе производства и распределения продовольствия. На различных этапах продуктовой цепочки — от производства до конечного потребления — значительная часть ресурсов теряется. По оценкам специалистов, совокупные потери могут достигать трети от общего объёма произведённых продуктов. Подобные неэффективные процессы приводят к увеличению объёмов отходов, что, в свою очередь, требует значительных затрат на их сбор, обработку, транспортировку и утилизацию. В ряде случаев расходы на управление отходами способны достигать половины годового муниципального бюджета, что создаёт дополнительную нагрузку на систему городского управления.

В этих условиях возрастает интерес к альтернативным моделям экономического развития, среди которых особое место занимает концепция циркулярной экономики, или экономики замкнутого цикла. Внедрение принципов циркулярной экономики позволяет изменить процессы взаимодействия с ресурсами и тем самым снизить экологические последствия хозяйственной деятельности. На уровне городов данная идея получает развитие в виде модели циркулярного города.

Циркулярный город представляет собой новую модель организации городской среды, в которой процессы потребления, распределения и повторного использования ресурсов формируют замкнутые циклы. Данная концепция направлена на создание устойчивой и безопасной экосистемы городов на основе принципов циркулярной экономики.

Цель исследования — рассмотреть город как систему управления материальными потоками и определить, какие инфраструктурные решения обеспечивают переход к циркулярной модели.

**Основная часть.** Циркулярный подход основан на формировании замкнутых циклов материальных потоков, при которых отходы преобразуются во вторичное сырьё, а городская инфраструктура ориентирована на повторное использование материалов [2]. В рамках модели город рассматривается как метаболическая система, в которой происходит постоянный обмен ресурсами между сферами городской экономики. Таким образом, город перестаёт выступать «конечной станцией» для материалов и трансформируется в экосистему, где элементы городской среды проектируются с учётом многократного использования и регенерации ресурсов.

Реализация подобной модели требует внедрения принципов организации городской системы, которые определяют способы управления потоками и позволяют переводить их из линейной модели в циклическую. Определение основных принципов циркулярного подхода позволяет выявить направления трансформации городской инфраструктуры.

В современных городах значительные потоки ресурсов связаны со сферой строительства, для которой характерны как высокий уровень потребления природных ресурсов, так и образование больших объёмов отходов. В рамках циркулярной экономики строительство регулируется принципами проектирования без отходов. При проектировании зданий целесообразно применять переработанные материалы, а также использовать возможность демонтажа и повторного использования элементов.

Также следует отметить, что комплекс экологически ориентированных строительных технологий на сегодняшний день получает всё более широкое распространение. Такой комплекс учитывает природно-климатические особенности территорий, использование безопасных строительных материалов и энергоэффективных решений. Так, например, в процессы обслуживания объектов строительства внедряются технологии оборотного использования воды и каскадного использования энергии. Такие «зелёные» технологии позволяют оптимизировать эксплуатационные характеристики зданий, а также способствуют снижению потребления энергии в процессе их функционирования. Поэтому в последние десятилетия наблюдается увеличение заинтересованности в устойчивом строительстве во всём мире, в том числе и в Российской Федерации [3].

Принципы замкнутых циклов, которые предполагают максимальную эффективность использования материальных потоков с дальнейшим возвращением возобновлённых или переработанных ресурсов в оборот, напрямую связаны с отказом от невозобновляемых ресурсов, развитием устойчивых систем в сфере обращения с отходами, водой и энергией. Ряд экоиновационных решений способствует замыканию циклов ресурсов в хозяйственной деятельности в целом. Например, переработка органических отходов с целью их дальнейшего использования в сельском хозяйстве в качестве удобрений [4].

При формировании материальных потоков большую роль играет и сфера потребления. Здесь за счёт увеличения срока службы продукции, а также оптимизации производственных процессов можно достичь снижения нагрузки на ресурсы. При использовании циркулярных решений возможно выстраивать такие цепочки производства и распределения товаров, при которых на каждом этапе многократно сокращается объём отходов. Одним из эффективных приёмов таких решений является также переход от модели владения к модели использования, характерный для шеринг-экономики. Так, развитие сервисов проката и ремонта сокращает объём производства и, следовательно, образование отходов.

Реализация принципов шеринг-экономики также возможна и в сфере городского транспорта. Например, расширение использования общественного транспорта и внедрение сервисов краткосрочной аренды автомобилей позволяют уменьшить нагрузку на городскую транспортную среду [2]. А в долгосрочной перспективе трансформация транспортной системы связана с переходом на экологически чистые источники энергии — максимальную эффективность будет иметь полный перевод общественного транспорта на электрическую тягу с использованием энергии из возобновляемых источников. Одновременно использование цифровых решений, например новых систем координации транспортных потоков с применением технологий искусственного интеллекта, позволит повысить управляемость транспортного сектора.

В настоящее время в области управления материальными потоками уже активно используются цифровые инструменты. В частности, использование цифровых двойников городской инфраструктуры позволяет отслеживать потоки материалов, прогнозировать образование отходов и оптимизировать использование материалов.

Таким образом, регулирование различных видов материальных потоков в городской среде определяется принципами циркулярного города. В ряде стран и городов мира на сегодняшний день уже осуществляется практическая реализация принципов циркулярного города, постепенно расширяя применение стратегий перехода к экономике замкнутого цикла.

В странах Азии ведётся активная политика по внедрению циркулярных принципов. Так, в Китае инициирована государственная программа, целью которой является формирование городов с минимальным объёмом отходов. Для нескольких городов были разработаны индивидуальные стратегии, направленные на минимизацию образования различных категорий отходов.

Опыт в реализации циркулярных подходов накоплен и в странах Европы, где принципы экономики замкнутого цикла интегрированы в государственную стратегию устойчивого развития. Особенно активно используются цифровые решения, позволяющие отслеживать материальные потоки и оптимизировать управление ресурсами, что, в свою очередь, с помощью новых технологий повышает ресурсоэффективность городской инфраструктуры.

На уровне международного сотрудничества в данной сфере важным шагом стало принятие в 2020 году Европейской декларации о циркулярных городах. В документе была закреплена необходимость ускоренного перехода от линейной экономической модели к новой системе, построенной на циркулярных принципах, эффективности использования ресурсов и снижении углеродного следа. Реализация данных принципов в дальнейшем позволит обеспечить устойчивое экономическое развитие без роста потребления природных ресурсов.

Мировой опыт показывает, что внедрение принципов циркулярной экономики способно существенно снизить экологическую нагрузку на городскую среду. Поэтому развитие подобных инициатив приобретает особую актуальность и для их использования в России.

Вопросы устойчивого развития и рационального использования ресурсов уже активно интегрируются в российскую государственную политику. К примеру, в соответствии с Федеральным проектом «Экономика замкнутого цикла» сформирована концепция циркулярного города, разработан комплекс мер реализации. В рамках проекта предполагается увеличить долю сортировки ежегодно образуемых твёрдых коммунальных отходов до 100%, а за счёт развития инфраструктуры переработки отходов — увеличить долю вовлечения вторичных ресурсов в оборот до 25 %. Для достижения поставленных целей среди ключевых мероприятий проекта следует выделить утверждение региональных программ по переходу к экономике замкнутого цикла, в том числе и разработку нормативных документов для новых регионов: Донецкой Народной Республики, Запорожской и Херсонской областей.

Следует отметить, что крупные города Российской Федерации обладают значительным потенциалом для внедрения циркулярных принципов. С целью ускорения перехода к новой модели возможно рассмотреть расширение набора инструментов городских систем экологического менеджмента [3]. В том числе, для внедрения циркулярных принципов необходимо осуществить ряд последовательных мероприятий, которые включают: — внесение законодательных инициатив, направленных на создание нормативной базы в сфере экономики замкнутого цикла, в том числе системы стандартизации и сертификации циркулярной продукции; — проведение государственных закупок восстановленных или рециркулированных материалов и товаров, способствующих развитию рынка подобной продукции; — определение финансовых стимулов, включая налоговые льготы, льготные кредит-

ные программы и развитие рынка «зелёных облигаций»; – развитие промышленного симбиоза, при котором отходы одних предприятий используются в качестве ресурсов для других, формируя замкнутые производственные цепочки; – реализация образовательных программ, направленных на повышение уровня компетенций специалистов и информированности в сфере циркулярной экономики.

**Заключение.** Таким образом, концепция циркулярного города представляет собой перспективную модель устойчивого развития городской среды, основанную на принципах замкнутых материальных циклов и рационального использования ресурсов. Модель циркулярного города позволяет внести значительный вклад в достижение целей устойчивого развития России, а также мирового сообщества.

Формирование инфраструктуры замкнутого цикла способствует снижению мировой экологической нагрузки, повышению ресурсоэффективности и формированию новых устойчивых городских систем, ориентированных на повторное использование природных ресурсов. Кроме того, развитие цифровых технологий управления материальными потоками открывает потенциал для оптимизации городской инфраструктуры.

Дальнейшие исследования в перспективе могут быть направлены на разработку конкретных инструментов интеграции циркулярных принципов в градостроительное планирование, архитектурное проектирование и системы управления городской инфраструктурой. Основные принципы циркулярного города могут помочь сформировать дорожную карту для продвижения инициатив экономики замкнутого цикла в городах.

### Список литературы

1. Зиновьева И.С., Филиппова А.В. Россия на пути к циркулярной экономике. В: *Материалы Национальной научно-практической конференции «Циркулярная экономика для целей устойчивого развития отраслей и территорий»*, 2024 г. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова. 2024.437 с. [https://doi.org/10.58168/CIRCULAR2024\\_142-147](https://doi.org/10.58168/CIRCULAR2024_142-147)
2. Метов Т.В., Лебединская А.Р. Реализация экологических принципов строительства энергоэффективных зданий. *Инженерный вестник Дона*. 2025;(11(131)):47–54. URL: <file:///C:/Users/msnoving/Downloads/realizatsiya-ekologicheskikh-printsipov-stroitelstva-energoeffektivnyh-zdaniy.pdf> (дата обращения: 01.04.2026).
3. Ерзнкян Б.А., Фонтана К.А. Циркулярная экономика и устойчивое развитие городов. *РППЭ*. 2021;(7(129)):7–22. <https://doi.org/10.26726/1812-7096-2021-7-7-22>
4. Иосифов В.В., Ратнер П.Д. Современные модели территориального экологического менеджмента: циркулярный город. *Экономический вестник ИПУ РАН*. 2021;2(2):40–53. <https://doi.org/10.25728/econbull.2021.2.5-iosifov>

### Об авторах:

**Мария Олеговна Гнеденко**, бакалавр кафедры архитектурно-средового проектирования Академии архитектуры и искусств Южного Федерального университета (344006, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая,105/42), [gnedenko@sfedu.ru](mailto:gnedenko@sfedu.ru)

**Ольга Игоревна Усаткина**, кандидат экономических наук, доцент кафедры инженерно-строительных дисциплин Академии архитектуры и искусств Южного Федерального университета (344006, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42), [usatkina@sfedu.ru](mailto:usatkina@sfedu.ru)

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

### About the Authors:

**Maria O. Gnedenko**, Bachelor's Degree Student of the Architectural and Environmental Design Department, Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University (105/42, Bolshaya Sadovaya Str., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation), [gnedenko@sfedu.ru](mailto:gnedenko@sfedu.ru)

**Olga I. Usatkina**, Cand.Sci.(Economics), Associate Professor of the Engineering and Construction Disciplines Department, Academy of Architecture and Arts, Southern Federal University (105/42, Bolshaya Sadovaya Str., Rostov-on-Don, 344006, Russian Federation), [usatkina@sfedu.ru](mailto:usatkina@sfedu.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the authors declare no conflict of interest.

**All authors have read and approved the final manuscript.**

## МЕДИАКОММУНИКАЦИИ



УДК 004.051

### Структурные барьеры развития игровой индустрии России

Д.О. Гуковский

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

#### Аннотация

В последние годы российская игровая индустрия сталкивается с парадоксом: наличие квалифицированных технических специалистов и значительные инвестиции в отдельные проекты не приводят к формированию устойчивых студий и регулярному выпуску успешных релизов. Цель настоящего исследования — выявить факторы, препятствующие трансформации перспективных игровых идей в коммерчески успешные продукты. На основе сравнительного анализа кейсов («Смута», The Day Before, Lada Racing Club, «Русы против ящеров») и изучения профильных публикаций («Хабр», DTF.ru, Playground.ru) показано, что причина системных провалов локализуется не на уровне исполнителей, а в дефиците продюсерских и предпринимательских компетенций. Выделены семь системных барьеров, включая неэффективную систему грантового финансирования, изоляцию студий и копирование западных стандартов. Предложены направления изменений: создание профессиональной отраслевой платформы, переход к институциональной поддержке студий, развитие локальной идентичности игр. Результаты могут быть использованы при формировании политики поддержки игровой индустрии и разработке образовательных программ для продюсеров.

**Ключевые слова:** геймдев, продюсирование, управление игровыми проектами, игровая индустрия в России, барьеры российского геймдева, инди-игры

**Для цитирования.** Гуковский Д.О. Структурные барьеры развития игровой индустрии России. *Молодой исследователь Дона.* 2026;11(3):142–146.

### Structural Barriers to Development of Gaming Industry in Russia

Denis O. Gukovsky

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

#### Abstract

In recent years, Russian gaming industry is facing a paradox: the availability of qualified technical specialists and significant investment in single projects do not lead to the formation of stable development studios and regular release of successful titles. The aim of the present study is to identify the factors hindering the transformation of promising game ideas into commercially successful products. Based on a comparative case study (Smuta, The Day Before, Lada Racing Club, the Rus vs. Lizards/Lizards Must Die) and a review of sector-specific publications (Habr, DTF.ru, Playground.ru), it has been demonstrated that these systemic failures arise not at the developer level, but are explained by the shortage of production and entrepreneurial competences. Seven systemic barriers have been identified, including the inefficient grant funding system, isolation of the studios, and replication of Western standards. Directions for transformation have been proposed: creation of the professional sector-specific platform, transition to institutional support of the studios, and development of local identity in games. The results can be used for formulating gaming industry supporting policies and developing training programs for producers.

**Keywords:** game development, production, game project management, gaming industry of Russia, barriers to game development in Russia, indie games

**For Citation.** Gukovsky DO. Structural Barriers to Development of Gaming Industry in Russia. *Young Researcher of Don.* 2026;11(3):142–146.

**Введение.** В последние годы российская игровая индустрия переживает неоднозначный период. На фоне появления проектов, позиционируемых как «национальные блокбастеры» (например, «Смута»), внимание аудитории сосредоточено на перспективах формирования крупных студий внутри страны. Однако такие проекты, несмотря на значительные инвестиции и институциональную поддержку, вызывают критику как со стороны игроков, так и со стороны профессионального сообщества. Анализ отзывов на профильном ресурсе «Хабр» позволяет выделить следующие проблемные зоны «Смуты»: технические сложности; низкая динамика геймплея; недостаточная проработка ключевых механик (стелс, боевая система); неизбежные сравнения с референтными проектами жанра — «Готикой» и «Ведьмаком» [1].

Примечательно, что параллельно развивается принципиально иной феномен — игра «Русы против ящеров». Возникнув как интернет-мем, она сумела сформировать устойчивое фанатское сообщество, получить преимущественно положительные отзывы и подготовить выпуск второй части. Данное несоответствие между ресурсными возможностями крупных проектов и рыночным успехом малобюджетных инициатив требует объяснения.

Обзор литературы показывает, что проблема не нова. Еще в 2006 году кейс Lada Racing Club продемонстрировал разрыв между агрессивным маркетингом и катастрофически низким качеством продукта [2]. В 2023 году сходный сценарий повторила студия Fntastic с проектом The Day Before [3]. Исследователи на DTF.ru фиксируют устойчивый паттерн — разрекламированные игры В-, А- и ААА-класса, в том числе с государственным финансированием, как правило, проваливаются, а инди-проекты, даже от неопытных разработчиков, почти всегда способны чем-то удивить. В статье на Playground.ru выделены «семь бед» российского игропрома, среди которых — ориентация на западный рынок, пиратство, отсутствие инвесторов и копирование чужих идей [4].

Таким образом, цель настоящей работы — выявить структурные причины, препятствующие формированию устойчивой экосистемы российского геймдева, и определить роль управленческих и продюсерских компетенций в этом процессе. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать структуру и взаимосвязь ключевых элементов игровой индустрии (разработчики, продюсеры, инвесторы, маркетинговые каналы);
2. Определить этап жизненного цикла проекта, на котором происходит деградация качества;
3. Исследовать влияние продюсерских компетенций на успешность игрового продукта;
4. Провести сравнительный анализ крупных коммерческих проектов («Смута», The Day Before) и малобюджетных инициатив («Русы против ящеров», «I'm not a human»);
5. Выявить системные барьеры (организационные, финансовые, культурные), препятствующие формированию устойчивых студий;
6. Предложить возможные направления развития индустрии.

**Материалы и методы.** Исследование основано на качественном анализе кейсов (case study). В качестве эмпирической базы использованы: публикации на профильных ресурсах «Хабр», DTF.ru, Playground.ru, содержащие ретроспективный анализ проектов Lada Racing Club, The Day Before, «Смута», «Русы против ящеров»; открытые отзывы игроков и экспертные оценки; материалы о системе грантового финансирования (кейс отчетности «Смуты» перед ИРИ).

Методология включала: сравнительный анализ выбранных кейсов по параметрам: маркетинговые обещания, реальное качество продукта, управленческие решения, реакция аудитории; контент-анализ публикаций для выделения повторяющихся проблемных паттернов; синтез полученных данных для формулировки системных барьеров.

Ограничения исследования: анализ опирался на открытые источники и не включал интервью с разработчиками или внутренние документы студий.

### Результаты исследований

#### 1) Структурный дисбаланс: сильные исполнители, слабые продюсеры

Анализ показывает, что наличие квалифицированных программистов, художников и технических специалистов не приводит автоматически к появлению устойчивых студий. Индустрия существует преимущественно за счёт краткосрочных всплесков интереса, за которыми следуют провалы или выход технически неготовых продуктов. Корень проблемы лежит в дефиците продюсерских и предпринимательских компетенций, то есть специалистов, способных трансформировать идею в управляемый процесс, формировать реалистичные дорожные карты и управлять ожиданиями аудитории и инвесторов. Наиболее показательный пример — «Смута» от Cyberia Nova, охарактеризованная автором на «Яндекс Дзене» как «самый громкий провал российского игростроя за последние годы» [5].

#### 2) Этапы деградации: от концепции к провалу

Кейс Lada Racing Club (2006): студия Geleos Media успешно использовала лицензию «АвтоВАЗа» и сеттинг уличных гонок, заняв третье место по продажам. Однако качество продукта оказалось катастрофическим: слабая физика, примитивный ИИ, множество багов и пустой файл объёмом 1,4 ГБ, увеличивший дистрибутив до четырёх дисков. В прессе это назвали «агрессивным, бесстыжим пиаром и откровенным обманом покупателей».

Кейс *The Day Before* (2023): студия Fntastic создала образ «русского AAA-проекта» с помощью впечатляющих трейлеров, попала в топы wish-листов Steam. В релизе оказался не ММО, а примитивный extraction shooter с пустой картой и массой багов. Игра продержалась в продаже четыре дня, студия закрылась.

Кейс «Смута» (2024): позиционировалась как смесь *Ghost of Tsushima* и *The Witcher 3*. Согласно анализу, сильной стороной стали визуальные компоненты (модели городов, природы, костюмов). Однако реализация механик оказалась формальной: геймплей примитивен (NPC-функции), стелс сводится к перезапуску при обнаружении, система «образов» влияет лишь в паре миссий, боевая система — к «закликиванию» из-за неработающего парирования. Техническое состояние не позволило автору обзора завершить игру из-за критического бага [6].

Данные кейсы иллюстрируют структурный сбой: маркетинг существует изолированно от разработки, формируя недостижимый образ продукта.

### 3) Инди-сцена как референтная группа

Статистически в Российской игровой индустрии сложилась следующая тенденция: разрекламированные игры В-, А- и AAA-класса проваливаются, а инди-проекты почти всегда способны чем-то удивить. Инди-разработчики с минимальными бюджетами демонстрируют высокую личную вовлечённость, обращаются к локальным сеттингам и поддерживают прямой контакт с аудиторией. Сопоставление «Смуты» и «Русов против ящеров» показательно: первый — попытка создать «крупный продукт» под внешний запрос при госфинансировании, второй — проект из мема, органически развившийся и сформировавший лояльное сообщество [7].

### 4) Системные барьеры

В исследовании «7 бед Российского игропрома» на Playground.ru выделены следующие факторы неэффективности:

1. Русские игры без русского языка — ориентация на запад без локальной базы.
2. Навязчивое желание понравиться Западу — копирование сеттингов вместо развития собственной идентичности.
3. Пиратство и страх перед одиночными AAA — смещение в сторону онлайн-сервисов, сужение жанров.
4. Отсутствие инвесторов и прозрачности — непрозрачность успешных кейсов, отсутствие публичной отчётности.
5. Слабая господдержка и отсутствие системной политики — формальная отчётность по грантам (кейс «Смута» — отчёт по моделям, а не по игре).
6. Желание делать попроще и подешевле — уход крупных компаний в условно-бесплатные проекты.
7. Отсутствие новых идей и ставка на копирование — страх инноваций.

### 5) Организационные и культурные барьеры.

Дополнительным фактором выступает отсутствие горизонтальных связей между студиями и дефицит зрелых управленческих практик. Каждый новый проект повторяет ошибки предшественников. Разработка «Смуты» сопровождалась утечкой билда (обнаружен на проданном ноутбуке) и конфликтом с iXBT.Games, что породило мем: «старый билд». Кейс *The Day Before* выявил отсутствие целостной концепции, сверхурочную работу, штрафы и использование волонтеров — симптомы токсичного управления.

### 6) Анатомия системного кризиса

Обобщая, можно выделить четыре ключевых измерения кризиса:

- репутационный долг: громкие провалы (*Lada Racing Club*, *The Day Before*, «Смута») закрепляют скепсис к отечественным проектам;
- системное искажение информационного поля: скандалы получают широкое освещение, тогда как качественные инди остаются в тени (DTF.ru: «шедевры пропадают, а шлак всплывает»);
- институциональный вакуум: отсутствие прозрачных кейсов с понятной доходностью отпугивает инвесторов, гранты ориентированы на формальные показатели;
- продюсерский дефицит: разрыв между наличием квалифицированных исполнителей и отсутствием эффективного управления (пример нереализованного потенциала механики «образов» в «Смуте», конфликт с iXBT.Games) [8].

### 7) Направления возможных изменений

Проведённый анализ позволяет не только констатировать наличие системных проблем, но и предложить ряд мер, направленных на постепенное преодоление кризисных явлений. Предлагаемые ниже направления носят комплексный характер и адресованы как институциональным игрокам (государственным структурам, инвесторам), так и профессиональному сообществу разработчиков.

1. Создание отраслевой платформы для профессионального обмена опытом (верифицированный форум разработчиков).

В настоящее время наблюдается дефицит горизонтальных связей между студиями: каждый новый проект вынужден самостоятельно решать проблемы, уже возникавшие у коллег. Отсутствие эффективных каналов трансфера знаний и компетенций приводит к повторению одних и тех же ошибок. Решением могло бы стать формирование специализированной цифровой платформы (или регулярного профессионального форума) с верификацией участников, ориентированной исключительно на игровых разработчиков, а не на конечных потребителей [9].

2. Переход от проектного финансирования к институциональной поддержке студий (финансирование инфраструктуры, а не отдельных проектов).

Существующая практика выделения грантов под конкретные игровые проекты, как показал кейс «Смуты», стимулирует формальное освоение средств без формирования долгосрочной устойчивости разработчика. Более перспективным представляется переход к поддержке самих студий — то есть финансированию их инфраструктуры, повышению квалификации сотрудников, созданию условий для много проектной деятельности [10].

3. Отказ от имитации западных стандартов в пользу развития локальной идентичности (опираться на российские культурные коды).

Одной из «семи бед», выделенных в статье на Playground.ru, является навязчивое желание понравиться западному рынку путём копирования чужих сеттингов и стилистики. Успешные инди-проекты, напротив, демонстрируют востребованность аутентичных российских тем, визуальных решений и нарративов. Следовательно, стратегически оправданным представляется смещение фокуса на разработку игр, опирающихся на локальный культурный код, историю, мифологию и современные социальные контексты.

4. Признание специфики игрового продукта как сложного творческо-технологического комплекса (оценка по качеству игрового опыта, а не по количеству ассетов).

Игровая разработка требует синтеза художественных, инженерных и управленческих компетенций на всех этапах — от концепции до пост-релизной поддержки. Игнорирование этой сложности, попытки упростить процесс до формального выполнения чек-листов (как в случае с отчётом ИРИ за модели) приводят к созданию «пустышек» — визуально привлекательных, но геймплейно бессодержательных продуктов. Необходимо формирование культуры экспертизы, при которой оценка проекта производится не по количеству созданных ассетов, а по качеству игрового опыта.

**Обсуждение.** Полученные результаты согласуются с наблюдениями, представленными в анализируемых источниках. Выявленный структурный дисбаланс подтверждает тезис DTF.ru о том, что разрекламированные игры проваливаются, а инди-проекты способны удивлять. Семь барьеров, описанных на Playground.ru, находят эмпирическое подтверждение в кейсах Lada Racing Club, The Day Before и «Смуты». Особенно показателен пример формальной отчетности по гранту «Смуты»: он иллюстрирует проблему отсутствия системной политики и ориентации на количественные, а не качественные показатели.

Ограничения исследования связаны с использованием только открытых источников; для более глубокого понимания необходимы интервью с разработчиками и продюсерами, а также анализ внутренней документации студий. Тем не менее выявленные закономерности позволяют сформулировать гипотезу о ключевой роли продюсерских компетенций, которая может быть проверена в дальнейших исследованиях.

Перспективы дальнейших исследований включают:

- изучение успешных практик управления в российских студиях, например в инди-сегменте;
- анализ зарубежного опыта государственной поддержки игровой индустрии (Польша, Франция, Канада) и возможностей его адаптации;
- разработку методик оценки качества продюсирования на разных этапах разработки.

**Заключение.** Проведенный анализ позволяет утверждать, что проблема российского геймдева заключается не в отсутствии квалифицированных разработчиков. Технические специалисты, художники и сценаристы способны создавать продукты высокого визуального качества, хотя они и находятся под сильным давлением ожиданий игроков, обусловленным неизбежным сравнением с успешными иностранными проектами. Ключевая проблема локализована на управленческом уровне — в дефиците продюсерских и предпринимательских компетенций, необходимых для трансформации творческого потенциала в устойчивый коммерческий результат.

Систематические провалы крупных проектов при относительном успехе малобюджетных инициатив объясняются не столько объемом финансирования, сколько качеством управления и честностью позиционирования. Пока сохраняется разрыв между формальным освоением бюджетов и реальной ответственностью за игровой опыт, индустрия будет воспроизводить сценарий «Смуты». Формирование устойчивой экосистемы требует системной работы над институциональными механизмами, развитием продюсерской культуры и выстраиванием горизонтальных связей [11].

### Список литературы

1. Платинский Д. *Мифы и реальность про российский геймдев*. 2026. URL: <https://habr.com/ru/companies/plati/articles/993280> (дата обращения: 28.03.2026).
2. *Патриотично ушла на дно: игру «Смуту» сочли идеалом скуки и провала*. URL: <https://dzen.ru/a/ZhE36YbqH2IPR92f> (дата обращения: 28.03.2026).
3. Остров RUй: *Что не так с отечественной игровой промышленностью?* URL: <https://dtf.ru/gameindustry/3971916-problemy-i-dostizheniya-rossiyskoy-igrovoy-industrii> (дата обращения: 28.03.2026).
4. Семенов А. *7 бед российской игровой индустрии*. URL: [https://www.playground.ru/misc/news/7\\_bed\\_rossijskoj\\_igrovoy\\_industrii-300835](https://www.playground.ru/misc/news/7_bed_rossijskoj_igrovoy_industrii-300835) (дата обращения: 28.03.2026).
5. *Отзывы игроков о проекте «Русы против ящеров»*. URL: [https://stopgame.ru/game/rusy\\_protiv\\_yaschero/ reviews](https://stopgame.ru/game/rusy_protiv_yaschero/ reviews) (дата обращения: 28.03.2026).
6. «Шляпа и халтура»: Милонов раскритиковал игру «Смута» созданную за государственный счёт. URL: <https://dzen.ru/a/ZhfsuALYeWsxZ7mQ> (дата обращения: 28.03.2026).
7. *Как построить вселенную вокруг мема? Объясняют авторы «Русы против ящеров»*. URL: [https://dzen.ru/a/aAi\\_iTtc7VcI\\_zCP](https://dzen.ru/a/aAi_iTtc7VcI_zCP) (дата обращения: 28.03.2026).
8. Нимов Л. *Мысли об игре «Смута»*. URL: <https://habr.com/ru/articles/870334> (дата обращения: 28.03.2026).
9. Епихин Д. *От ретро до «Смуты»: смешанные впечатления от российской выставки «ИГРОПРОМ 2025»*. 2025.
10. Овчинников В. *Игровые провалы российских компаний: учимся на ошибках Lada Racing Club и The Day Before*. 2026. URL: <https://habr.com/ru/companies/miip/articles/925896> (дата обращения: 28.03.2026).
11. *Смутно и точка: технический провал патриотического проекта*. 2024. URL: <https://thebillions.ru/exclusive/mrk1vf27b1-proval-rossiiskoi-igri-za-milliard> (дата обращения: 28.03.2026).

### Об авторе:

Денис Олегович Гуковский, студент Института сквозных технологий Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [denisguk25032004@gmail.com](mailto:denisguk25032004@gmail.com)

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.**

### About the Author:

Denis O. Gukovsky, Student of the Institute of End-to-End Technologies, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation), [denisguk25032004@gmail.com](mailto:denisguk25032004@gmail.com)

**Conflict of Interest Statement:** the author declares no conflict of interest.

**The author has read and approved the final manuscript.**