ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



47
2026
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 47 (650) / 2026

Издается с декабря 2008 г. Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук
Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

© Оформление. ООО «Издательство «Молодой ученый», 2026

Международный редакционный совет:
Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максутович, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

На обложке изображен *Александр фон Гумбольдт* (1769–1859) — немецкий естествоиспытатель, географ и путешественник, один из основоположников физической географии, биогеографии и сравнительной климатологии, младший брат лингвиста и реформатора образования Вильгельма фон Гумбольдта.

Гумбольдт родился в Берлине в состоятельной прусской семье. Рано лишившись отца, он получил образование у частных учителей, затем изучал естественные науки, экономику и горное дело во Франкфурте-на-Одере и Гёттингене, а также в горной академии Фрайберга под руководством Абраама Готлиба Вернера. В 1792–1796 годах служил горным инспектором во Франконии: рационализировал добычу руды, основал горные училища для рабочих и провёл первые опыты с гальваническим током, увлёкшие в молодости самого Алессандро Вольта. Тогда же у него завязалась дружба с Гёте, которому Гумбольдт передавал идеи сравнительной анатомии и морфологии растений и с которым устраивал совместные опыты в йенском доме поэта. К концу столетия он путешествовал по Германии, Швейцарии и Италии, изучая минералогию и строя планы далёких странствий.

Определяющим событием жизни стала экспедиция в испанскую Америку в 1799–1804 годах, предпринятая вместе с французским ботаником Эме Бонпланом на средства собственного наследства, полученного после смерти матери. Разрешение на поездку Гумбольдт выпросил лично у испанского короля; всё снаряжение и приборы он вёз за свой счёт, а само плавание из Ла-Коруньи едва не закончилось крушением в штормовую ночь.

Путешественники прошли и проплыли около 65 тысяч километров по Венесуэле, Кубе, Колумбии, Эквадору, Перу и Мексике, переправились через Анды и исследовали истоки Амазонки. В июне 1802 года на вулкане Чимборасо они поднялись до высоты 5878 метров — рекордной для человека того времени, остановившись менее чем в 400 метрах от вершины. В трактате «Идеи о физиогномике растений» и на знаменитом графике Naturgemälde Гумбольдт впервые наглядно изобразил высотную поясность растительности, связав высоту, температуру и характер флоры в единую картину. Он ввёл в науку понятие изотерм, описал холодное Перуанское течение, позже названное его именем, измерил магнитное поле Земли от Атлантики до Тихого океана и первым задокументировал связь геомагнитных возмущений с полярными сияниями. Наблюдения за вырубкой лесов и обмелением озера Валенсия в Венесуэле позволили ему одним из первых указать на изменение климата под влиянием деятельности человека. Малоизвестный эпизод той же экспедиции: для изучения электрических угрей Гумбольдт ставил опыты на коровах и лошадях, одна из которых пала от разряда, а сам естествоиспытатель был сбит ударами тока с ног.

Возвратившись в Европу, он более двадцати лет жил в Париже, обрабатывая материалы экспедиции; итогом работы стали тридцать томов «Путешествия в равноденственные области Нового Света» и «Политический очерк Королевства Новая Испания» — труд, полвека остававшийся образцом экономико-географического страноведения. В очерке о Кубе Гумбольдт дал бескомпромиссную критику рабовладения, за что испанские власти изъяли и уничтожили значительную часть тиража. В 1829 году по приглашению Николая I он совершил путешествие по России — от Петербурга через Урал до Алтая и Каспия — и на основе собранных данных обосновал направление поисков алмазов в уральских россыпях, где вскоре и были найдены первые алмазы. В 1827–1828 годах Гумбольдт прочёл в Берлине цикл публичных лекций, собравший, по свидетельствам современников, до тысячи слушателей; их переработка легла в основу «Космоса».

Последние десятилетия ученого прошли в Берлине: он был камергером Фридриха Вильгельма III, меценатом и покровителем молодых исследователей, среди которых были Жан Луи Агассис и Юстус Либих.

Главным делом жизни Гумбольдта стал пятитомный «Космос» (1845–1862) — опыт единого естественнонаучного описания мира; последние тома были изданы по черновикам автора и вышли посмертно. Историки называют созданный им стиль исследований «гумбольдтовской наукой» — комплексным и инструментально точным изучением взаимосвязей природных явлений.

Гумбольдт состоял членом почти всех европейских академий, отказался от профессорских кафедр ради научной независимости и израсходовал состояние на экспедиции и издания, доживая на жалованье при дворе. Он не создал семьи, разделял дом с братом и его семьёй, а после смерти Вильгельма жил в апартаментах при Потсдамском дворце; король Фридрих Вильгельм IV называл его «старейшим чиновником моего двора». Известен Гумбольдт и как меценат литературы: он выплачивал пожизненное содержание Генриху Гейне.

Гумбольдт умер 6 мая 1859 года в Берлине, не дожив четырёх месяцев до девяноста лет, и был похоронен в семейном склепе в имении Тегель под Берлином. Его имя носит холодное течение, пингвин, кальмар, лилия, кратер и море на Луне, а также университеты и научные общества в Берлине и других городах мира.

Информацию подготовила ответственный редактор
Екатерина Осянина

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Изилянов А. Д.
Архитектура отечественной системы управления конструкторскими данными и ресурсами машиностроительного предприятия..... 1

Мурзинов А. В.
Предиктивная аналитика для ИТ-инфраструктуры предприятий ЖКХ: гибридная модель Prophet + XGBoost и экономический эффект 7

Пригара А. А.
Разработка платформенного решения «Умный город» на основе интеграции кастомных облачных решений и типовых микросервисов 9

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бирюкова Т. А.
Сравнительный анализ гидравлического поведения сферических и цилиндрических гранул активированного угля.....12

Еремеев В. С.
Влияние места компенсации реактивной мощности на технические потери в кабельной сети 10,5 кВ АЭС «Руппур» 14

Еремеев В. С.
Снижение потерь электроэнергии в питающих и распределительных сетях АЭС «Руппур» 16

Михайлов А. С., Колмаков А. В., Яркин Д. С.
Влияние ионизирующего излучения на конструкционные материалы, контрольно-измерительные приборы и аппаратно-технические комплексы АЭС 20

Михайлов А. С., Колмаков А. В., Яркин Д. С.
Причины обрыва торсиона главного циркуляционного насоса АЭС и методы предупреждения отказов 22

Рылько Н. М.
Обзор методов оценки качества бетонных и железобетонных конструкций при предпроектных работах 23

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Вольская В. В.
Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений в условиях Крайнего Севера 26

Вольская В. В.
Реновация опорных городов Ямало-Ненецкого автономного округа в рамках стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации 27

Гузеева В. Ю.
Цифровые технологии BIM и ГИС в управлении дорожным строительством.....29

Дунаева В. П.
Анализ существующих способов подачи бетонной смеси на строительной площадке 30

Лыхина И. Д.
Размещение торгово-складской инфраструктуры в сложившейся застройке крупного города: иерархическая модель на основе территориального ресурса.....36

Прокофьев В. Ю.
Методики обследования и оценки сейсмического состояния эксплуатируемых зданий с железобетонным каркасом 42

ГЕОЛОГИЯ

Добежа А. В.
Лунный реголит как потенциальное минеральное сырьё: минералого-геохимические особенности, ресурсы и перспективы переработки 46

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Гайфуллин Р. Р.
Нормы высева и минеральные подкормки ярового ячменя: обобщение исследований и расчет параметров посева для условий Предкамья Республики Татарстан.....52

Сонина Т. Д.
Особенности учета количественных и качественных характеристик земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации.....56

Форманчук Г. Н.
Взаимосвязь роста сельского хозяйства с устойчивым развитием сельских территорий 59

Форманчук Г. Н.
Профессия ягодовода в Красноярском крае: преимущества и ограничения (по материалам интервью крестьянских (фермерских) хозяйств Коробейниковых).....63

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Архитектура отечественной системы управления конструкторскими данными и ресурсами машиностроительного предприятия

Изилянов Алексей Дмитриевич, инженер-программист
ООО «Специальный технологический центр» (г. Санкт-Петербург)

Рассматривается архитектура программного комплекса ATLAS ERP для совместного ведения номенклатуры, составов изделий и изменений конструкторской документации машиностроительного предприятия. Предложена единая модель условий применения версий, проверяемая средствами базы данных. Описаны защита утверждённых сведений от изменения, совместное применение всех позиций извещения и надёжная передача уведомлений между подсистемами. Разграничение доступа учитывает уровень конфиденциальности записей и тематические допуски пользователей. Архитектура проверена на исследовательском макете с синтетическим набором из 2 млн позиций номенклатуры и около 10 млн строк составов. Приведены предварительные результаты контрольных замеров и обозначены ограничения их интерпретации.

Ключевые слова: *управление ресурсами предприятия, конструкторские данные, состав изделия, извещение об изменении, применяемость версий, разграничение доступа, PostgreSQL, аудит.*

1. Введение

Разработка и сопровождение машиностроительной продукции требуют согласованного ведения номенклатуры, составов изделий и конструкторской документации. Стадии разработки определяются Единой системой конструкторской документации (ЕСКД) [1]. Формы текстовых документов установлены соответствующим стандартом ЕСКД [2]. Порядок внесения изменений регулируется правилами оформления и применения извещений об изменении [3]. Эти положения необходимо учитывать при построении информационной системы предприятия.

При раздельном хранении сведений в электронных таблицах, локальных файлах и специализированных программах возникают дубли номенклатуры и расхождения между версиями состава изделия. Это затрудняет определение действующей документации, расчёт потребности в компонентах и восстановление истории конкретного экземпляра. Для рассматриваемого проекта дополнительными условиями являются использование отечественных серверных компонентов, работа без доступа к Интернету и разграничение доступа к сведениям ограниченного распространения.

Работа направлена на обоснование архитектуры единой системы, обеспечивающей поиск номенклатуры на массиве из миллионов позиций, ведение составов изделий с учётом действующих версий и прослеживаемое управление изменениями конструкторской документации (КД). Основное внимание уделено согласованности данных и предварительной проверке предложенных решений на исследовательском макете.

2. Постановка задачи и ограничения

2.1. Предметная область

Система проектируется для машиностроительного предприятия с численностью до 3,5 тыс. пользователей. Расчётная нагрузка составляет 600 одновременных рабочих сеансов в штатном режиме и до 1000 в пиковом. Предусмотрены следующие функции:

– ведение единой номенклатуры деталей, сборочных единиц, комплектов, стандартных изделий, материалов и электрорадиоизделий с классификацией и контролем дублей;

– ведение составов изделий, версий и литер документации по ГОСТ 2.103–2013 [1]; определение действующей версии по дате, заводскому номеру, исполнению и государственному контракту; поиск компонентов изделия и изделий, в которых применяется выбранный компонент;

– управление изменениями КД по ГОСТ Р 2.503–2023 [3] с электронным согласованием, оценкой затрагиваемых изделий и совместным применением всех изменений извещения;

– учёт экземпляров изделий по заводским номерам, ведение электронных формуляров и рекламаций, а также общие службы доступа, аудита и уведомлений.

Бухгалтерский и налоговый учёт, кадровый учёт, складские остатки и оперативное планирование находятся вне рассматриваемого объёма автоматизации. Для обмена с соответствующими системами предусматривается интеграция. Из систем автоматизированного проектирования поступают электронные структуры изделий.

2.2. Технологические ограничения и требования к данным

При проектировании приняты следующие ограничения:

– отдельно устанавливаемые серверные компоненты выбираются из Единого реестра российского программного обеспечения; используемые библиотеки учитываются в составе приложения;

– коммерческие компоненты иностранных правообладателей не используются;

– работа системы и установка обновлений выполняются без обращения к сети Интернет;

– обрабатываются открытые сведения и коммерческая тайна; доступ определяется уровнем конфиденциальности записи и тематическими допусками пользователя. Обработка государственной тайны не предусматривается.

Формы конструкторских документов и порядок их изменения устанавливаются стандартами ЕСКД [2; 3]. В предлагаемой системе эти требования учитываются при организации хранения: утверждённые версии сохраняются в истории, а последующие изменения оформляются отдельно. Защита выпущенных сведений реализуется средствами базы данных, что снижает зависимость от корректности отдельных экранных форм приложения.

3. Обзор подходов и задачи исследования

При разделении управления жизненным циклом изделия (PLM) и планирования ресурсов предприятия (ERP) согласование сведений переносится на обмен между системами. Требуется учитывать различия в представлении версий, составе изделий и порядке применения изменений. Общие подходы к согласованности данных и надёжности их передачи рассматриваются в работе [4]. В настоящем исследовании выбран вариант общей базы данных для связанных конструкторских и ресурсных сведений. Для его оценки поставлены следующие задачи:

1) обеспечить поиск и анализ составов с проверкой уровня конфиденциальности и тематических допусков пользователя;

2) описать условия применения версий так, чтобы база данных могла проверять отсутствие их пересечений при утверждении извещения;

3) защитить выпущенные сведения от изменения и удаления средствами хранилища;

4) обеспечить сохранение и повторную передачу уведомлений между подсистемами без установки отдельного сервера сообщений.

4. Архитектура системы

4.1. Общие решения

Приложение организовано как модульный монолит: функциональные модули входят в одну программу, но имеют определённые границы ответственности. Для реализации выбран Spring Modulith [5], а для хранения данных используется PostgreSQL [6]. Очередь задач, журнал уведомлений и поиск размещаются в общей базе данных. Такой подход позволяет совместно сохранять связанные изменения состава изделия и КД и сокращает число отдельно устанавливаемых компонентов. Для каждого модуля выделена собственная схема базы данных; соблюдение границ проверяется архитектурными тестами. Модули взаимодействуют через согласованные программные интерфейсы и уведомления о событиях. Их назначение приведено в табл. 1.

Предусмотрены два режима запуска программы: обслуживание пользователей и выполнение фоновых задач. Схема размещения компонентов показана на рис. 1. Она включает балансировщик нагрузки, не менее трёх экземпляров приложения, основной сервер PostgreSQL, синхронную резервную реплику базы и отдельную копию для отчётов. Файлы размещаются в объектном хранилище с антивирусной проверкой и присвоением отметок конфиденциальности перед приёмом.

4.2. Программные средства

В качестве серверной операционной системы рассматриваются Astra Linux SE, РЕД ОС. Предусмотрены отечественная сборка PostgreSQL и Java-платформа из реестра российского ПО. Серверная часть реализуется на Kotlin с использованием Spring Boot и Spring Modulith. Настольное приложение создаётся на Compose Multiplatform Desktop. Для разработки мобильного приложения в дальнейшем планируется использовать Flutter. Для формирования печатных документов используется JasperReports. Перечисленные библиотеки входят в состав приложения; требования к отдельно устанавливаемым серверным продуктам рассматриваются в соответствии с принятыми ограничениями проекта.

5. Ключевые проектные решения

5.1. Управление версиями и защита утверждённых данных

Для каждой позиции номенклатуры и каждого документа ведутся версии, называемые ревизиями. Они последовательно проходят состояния «черновик», «на согласовании», «выпущена», после чего могут быть заменены или аннулированы. После выпуска состав версии защищается от изменения и удаления средствами самой базы данных. Доступ к специальным операциям из-

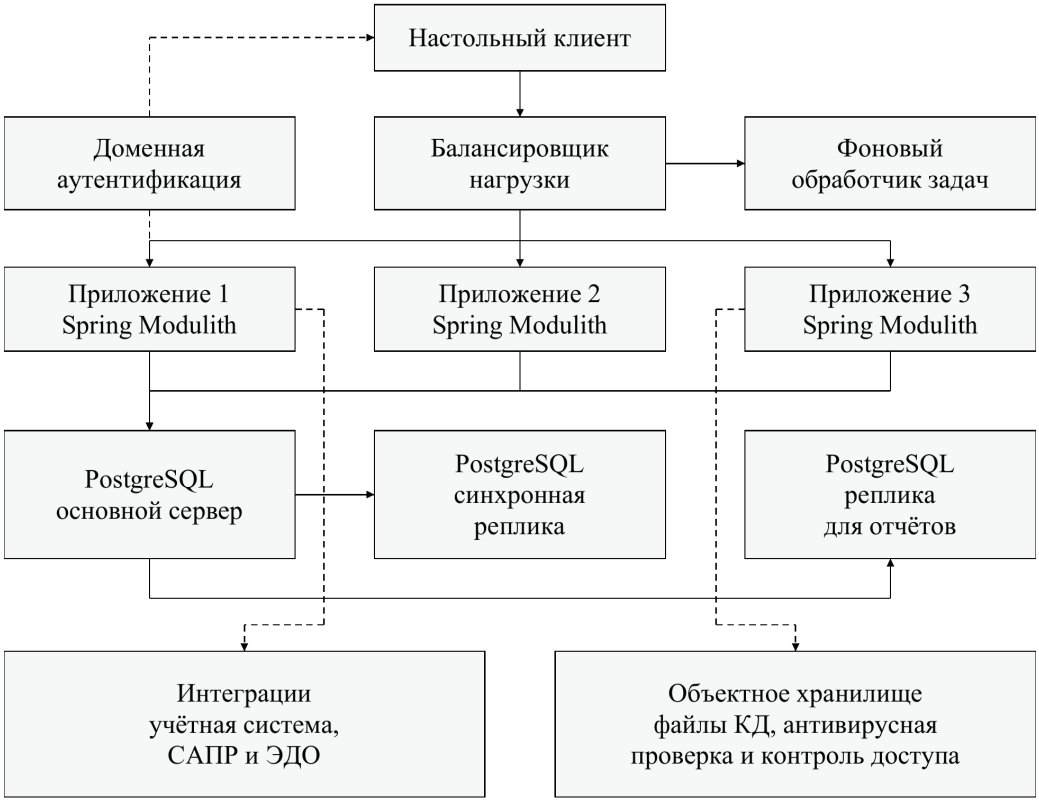

Рис. 1. **Топология развёртывания системы**

Таблица 1. **Функциональные модули ядра системы**

Модуль	Схема БД	Назначение
platform	sec, audit, jobs, notify, files, rep	учётные записи и роли, аудит, фоновые задачи, уведомления, файлы, отчёты и печатные формы
nsi	nsi	номенклатура, классификатор, электронная компонентная база, справочники, поиск
plm	plm	версии, конструкторские составы изделий, документы, применяемость
chg	chg	запросы, предложения и извещения об изменении, анализ влияния
srv	srv	экземпляры изделий, электронный формуляр, рекламации, наряды
mob	mob	синхронизация мобильного приложения

менения ограничен и сопровождается проверкой полномочий.

Утверждённые данные сохраняются в истории: вместо физического удаления применяется аннулирование. Это позволяет установить, какие сведения действовали ранее и на каком основании они были изменены.

Аналогичный принцип используется в электронном формуляре конкретного экземпляра изделия. Записи о наработке, ремонтах, заменах, рекламациях и доработках сохраняются без исправления исходного текста. Ошибка устраняется отдельной отменяющей записью со ссылкой на первоначальную. По истории установки и замены компонентов система определяет фактический состав изделия при изготовлении и обслуживании, а затем сопоставляет его с конструкторским составом, действующим для данного заводского номера.

5.2. Определение действующей версии

Система определяет, какую версию позиции следует использовать, по условиям её применяемости. Такими условиями могут быть дата, заводской номер изделия, исполнение или государственный контракт. Если ограничения не заданы, версия применяется без ограничений.

Для одной версии допускается несколько вариантов применения. Достаточно соответствовать одному из вариантов, однако внутри выбранного варианта должны выполняться все указанные условия. Например, версия может предназначаться для определённого исполнения изделия, выпускаемого начиная с установленной даты.

Границы действия версий задаются так, чтобы исключить неоднозначность при переходе от одной версии к другой: начало действия новой версии совпадает с окон-

чанием действия предыдущей. При этом предыдущая версия сохраняется в системе как выпущенная, но с ограниченной областью применения. Для правильного сравнения заводских номеров учитываются как их буквенные, так и числовые части.

При определении состава изделия система выбирает версию каждого компонента по условиям применяемости. Благодаря этому в составе не накапливаются ссылки на устаревшие версии. При утверждении изменения база данных проверяет, что условия действия выпущенных версий не пересекаются.

В предварительном исследовании для позиции, входящей прямо или через другие сборки в 73 тыс. вышестоящих позиций, время определения применяемости удалось сократить с 3,0 до 0,97 с.

5.3. Применение извещения об изменении

Утверждённое извещение об изменении применяется как единая операция. Система выпускает новые версии, устанавливает условия их действия и ограничивает применяемость предыдущих. Одновременно проверяются отсутствие пересечений между версиями, наличие необходимых согласований и устранение замечаний нормоконтроля.

Если извещение затрагивает несколько позиций или документов, изменения вступают в силу только при успешном прохождении всех проверок. При обнаружении ошибки вся операция отменяется, а данные сохраняют прежнее состояние. Это исключает ситуацию, когда одна часть извещения уже применена, а другая осталась без изменений.

Вместе с изменениями система сохраняет сообщения для других подсистем. После завершения операции эти сообщения передаются получателям. При сбое передача повторяется, причём повторное получение одного сообщения не приводит к повторному выполнению действия. Сообщения, которые не удалось обработать после повторных попыток, сохраняются отдельно для разбора. Такой порядок обеспечивает надёжный обмен между подсистемами средствами общей базы данных. Для реализации используется реестр публикаций Spring Modulith [5].

5.4. Регистрация действий и контроль истории

Система ведёт журнал действий пользователей и администраторов. В нём фиксируются изменения данных с указанием прежних и новых значений, открытие карточек, скачивание файлов с ограниченным доступом, печать и выгрузка сведений. Запись об изменении сохраняется одновременно с самим изменением.

Приложение может добавлять записи в журнал, но не изменять и не удалять существующие. Просмотр журнала также ограничивается полномочиями пользователя. Например, сотрудник службы информационной безопасности не получает автоматически доступ к закрытым сведениям об изделиях.

Для обнаружения удаления или подмены записей формируется последовательность связанных контрольных значений по

ГОСТ Р 34.11–2012 [7]. Эта проверочная последовательность достраивается в фоновом режиме, чтобы не задерживать работу пользователей. Между регистрацией события и включением его в последовательность существует небольшой временной промежуток.

Для удобства хранения журнал разделяется по месяцам. События также передаются в систему мониторинга информационной безопасности; при временной недоступности получателя они сохраняются для последующей отправки.

5.5. Формирование документов по ЕСКД

Система формирует спецификации, извещения об изменении и формуляры с учётом требований ЕСКД. Формы спецификаций определяются ГОСТ Р 2.106–2019 [2]. Правила внесения изменений установлены ГОСТ Р 2.503–2023 [3]. Расположение основной надписи и требования к шрифту учитываются по соответствующим стандартам [8; 9].

Размещение элементов на листе рассчитывается автоматически. При переносе длинных наименований учитывается фактическая ширина текста, а заголовок раздела размещается вместе с его первой позицией. Это помогает избежать разрывов, затрудняющих чтение документа.

Готовые документы сохраняются в формате PDF со встроенным шрифтом, что обеспечивает воспроизводимость их внешнего вида при просмотре и печати.

5.6. Рабочие приложения

Основным средством работы служит настольное приложение. Оно предназначено в том числе для просмотра больших составов изделий и работы с диаграммами планирования. При отображении состава объёмом до 10 тыс. строк приложение загружает для показа только необходимую часть списка.

Приложение устанавливается вместе с необходимой средой выполнения и не требует обращения к Интернету. Для входа используется учётная запись рабочего сеанса операционной системы. При одновременном редактировании система проверяет, не были ли данные изменены другим пользователем, чтобы предотвратить потерю внесённых правок.

Для мобильного приложения предусмотрена работа с заранее загруженным пакетом наряда без постоянного подключения к сети. После восстановления связи накопленные данные передаются на сервер. Повторная передача одних и тех же сведений не должна создавать дубли или повторно выполнять уже зарегистрированные действия.

6. Предварительные результаты исследования

Для предварительной проверки архитектуры реализован исследовательский макет ядра на Spring Boot 4, Spring Modulith 2, Kotlin и PostgreSQL 17. Настольный клиент разработан на Compose Desktop. Проверка включала следующие работы:

– формирование синтетического массива из 2 млн позиций номенклатуры и около 10 млн строк составов;

– сравнение вариантов поиска по фрагменту обозначения или наименования и определения применяемости позиции; отдельно проверялись вход с учётной записью операционной системы, электронная подпись, антивирусная обработка файлов и формирование документов ЕСКД;

– выполнение 178 серверных и 38 клиентских автоматических тестов, включая проверки недоступности сведений вне допуска в интерфейсе, поиске и выгрузках;

– ручная проверка сценариев работы с электронным формуляром, рекламациями, извещениями об изменении, результатами исследований и испытаний.

На макете проверен маршрут изменения КД: регистрация запроса по рекламации или замечанию испытаний, оформление извещения, определение затрагиваемых изделий, согласование, совместное применение изменений и печать документа. Рекламация на конкретный экземпляр изделия прослеживается до извещения и изменённых версий; ограничения доступа сохраняются при переходе между этапами.

Результаты контрольных замеров приведены на рис. 2 и в табл. 2. Время поиска составило 8 мс против 1,3 с в исходном варианте; время определения применяемости для позиции с 73 тыс. вышестоящих позиций составило 0,97 с против 3,0 с. Это предварительные результаты отдельных проверок на синтетических данных. Они не подтверждают достижение целевых показателей при полной расчётной нагрузке от 600 до 1000 одновременных сеансов. Нагрузочные испытания и проверка устойчивости при длительной работе относятся к следующему этапу исследования.

7. Обсуждение

7.1. Ограничения выбранной архитектуры

Общая база данных упрощает согласованное сохранение изменений, но ограничивает независимое масшта-

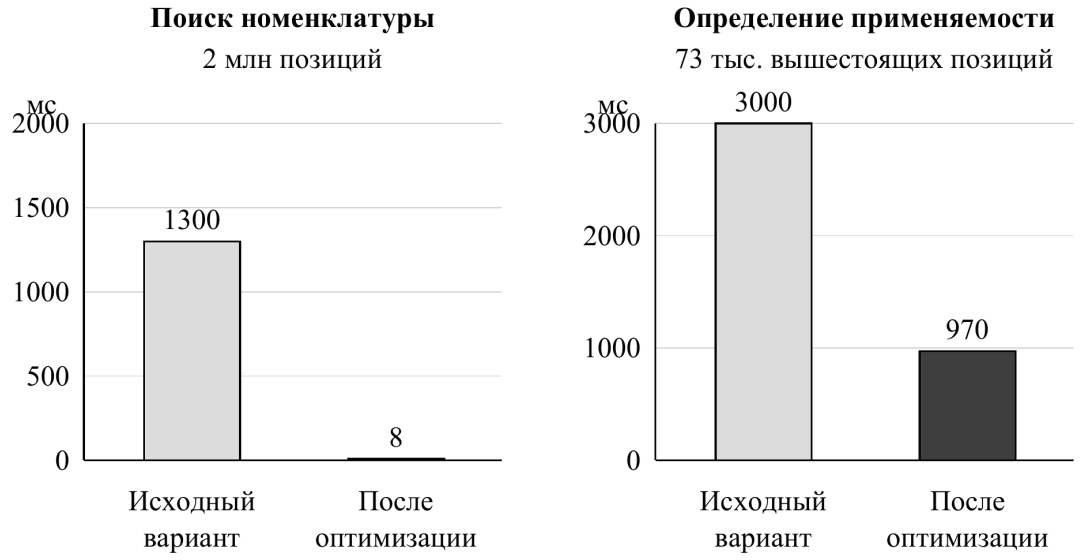

Рис. 2. **Результаты контрольных замеров на синтетическом массиве данных**

Таблица 2. **Результаты контрольных замеров на синтетическом массиве данных (предварительные)**

Операция	Целевое время (p95)	Предварительный результат
Поиск номенклатуры по фрагменту обозначения/наименования, 2 млн позиций	⩽ 2 с	8 мс; в исходном варианте 1,3 с
Определение применяемости для позиции с 73 тыс. вышестоящих позиций	⩽ 3 с	0,97 с; в исходном варианте 3,0 с
Раскрытие состава до 10 тыс. строк	⩽ 5 с	Требует нагрузочных испытаний
Интерактивные операции при 600 одновременных сессиях	⩽ 1 с	Требует нагрузочных испытаний

Примечание. Показатель p95 обозначает 95-й процентиль времени выполнения: не менее 95 % операций должны укладываться в указанное целевое время.

бирование записи и изоляцию отказов между модулями. Соответствие архитектуры расчётному числу одновременных сеансов должно быть установлено нагрузочными испытаниями. При росте нагрузки предусматриваются перенос отчётов на отдельную копию базы и выделение отдельных модулей в самостоятельные службы.

Для ускорения поиска и анализа состава используются специальные функции базы данных с собственной проверкой доступа. Их результаты сопоставляются с результатами штатных правил ограничения доступа к строкам PostgreSQL [6]. Такой контроль необходим, поскольку функция, выполняемая с правами владельца, может иметь более широкие полномочия, чем вызывающий её пользователь.

Контрольные значения журнала аудита формируются после сохранения событий. Поэтому между регистрацией записи и включением её в проверочную последовательность существует временной промежуток порядка секунд. Это ограничение должно учитываться при оценке защиты журнала и организации мониторинга.

7.2. Отличие от типовых проектных решений

Особенность предлагаемого решения состоит в совместном применении трёх механизмов: защиты утверждённых данных средствами базы, единой модели условий применения версий и согласованного сохранения извещения вместе с уведомлениями для других модулей. Каждый механизм известен отдельно. В исследовании рассматривается их совместная работа при ведении составов изделий и ограничении доступа к конструкторским сведениям.

7.3. Дальнейшее развитие проекта

Следующий этап включает стабилизацию ядра, нагрузочные испытания, проверку защищённости и опытную эксплуатацию. Дальнейшее функциональное развитие предусматривает:

– расчёт потребности и закупки с обменом данными с учётной системой и системой электронного документооборота;

– сопровождение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

– развитие сервисных функций и мобильного приложения;

– подготовку аналитических данных на отдельной копии базы.

Исследовательские задачи включают оценку работы с более глубокими составами изделий, накопленной историей за десятилетний период и большим числом одновременных пользователей. Отдельно требуется проверить восстановление после сбоев, повторную доставку уведомлений и устойчивость правил доступа при изменении полномочий пользователей.

8. Заключение

Предложена архитектура ATLAS ERP для совместного ведения номенклатуры, составов изделий, условий применения версий и изменений конструкторской документации. Сохранность утверждённых сведений обеспечивается средствами базы данных; извещение применяется совместно ко всем затронутым позициям, а уведомления для других модулей сохраняются вместе с изменениями. Предварительные проверки на синтетическом массиве промышленного объёма подтвердили работоспособность исследованных механизмов и показали сокращение времени двух контрольных операций. Оценка производительности при расчётной нагрузке, защищённости и эксплуатационной надёжности требует дальнейших испытаний.

Литература:

1. ГОСТ 2.103–2013. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки.
2. ГОСТ Р 2.106–2019. Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
3. ГОСТ Р 2.503–2023. Единая система конструкторской документации. Правила внесения изменений.
4. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. O'Reilly Media, 2017.
5. Spring Modulith. Working with Application Events. URL: https://docs.spring.io/spring-modulith/reference/events.html (дата обращения: 15.11.2026).
6. PostgreSQL 17. Row Security Policies. URL: https://www.postgresql.org/docs/17/ddl-rowsecurity.html (дата обращения: 15.11.2026).
7. ГОСТ Р 34.11–2012. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хэширования.
8. ГОСТ Р 2.104–2023. Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
9. ГОСТ 2.304–81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертежные.

Предиктивная аналитика для ИТ-инфраструктуры предприятий ЖКХ: гибридная модель Prophet + XGBoost и экономический эффект

Мурзинов Александр Васильевич, студент магистратуры
Тольяттинский государственный университет (Самарская область)

В статье рассматривается переход от реактивного к предиктивному управлению корпоративной облачной ИТ-инфраструктурой предприятий ЖКХ. Предложена методика из шести этапов, гибридная модель прогнозирования отказов Prophet + XGBoost, интегральный показатель эффективности и экономическая оценка на основе предотвращённого ущерба. Апробация на кейсе ООО «Квартплата 24» показала снижение MTTR на 66 %, сокращение критических инцидентов на 33 %, доступность 99,5 %, ROI 415 % и годовой эффект 24,0 млн р.

Ключевые слова: *предиктивная аналитика, ИТ-инфраструктура, ЖКХ, Prophet, XGBoost, AIOps, MTTR, экономический эффект.*

Введение

Рост объёмов корпоративных данных, переход к облачным и контейнерным средам усиливают зависимость бизнеса от надёжности ИТ-инфраструктуры. Для предприятий ЖКХ эта зависимость особенно заметна: пиковые нагрузки приходятся на период массовой передачи показаний приборов учёта, а сбой биллинга или личного кабинета напрямую влияет на расчёты с потребителями. Традиционная модель эксплуатации остаётся реактивной: инцидент обнаруживается после возникновения, восстановление занимает часы. Поэтому актуальной становится предиктивная аналитика, позволяющая прогнозировать отказы и планировать превентивные действия [1; 4]. Однако технологические решения сами по себе не дают управленческого эффекта: отсутствуют регламенты интеграции прогнозов в ITSM-процессы, показатели эффективности и экономическое обоснование проектов [11; 12].

Обзор исследований и постановка проблемы

Теоретическую основу составляют работы по управлению данными [1; 10], процессный подход ITIL [4] и модель COBIT [12]. Зарубежные исследования концентрируются на технической стороне: отчёты Gartner [9] и Forrester [11] фиксируют переход от мониторинга к платформам AIOps, а в научной литературе применяются случайные леса [7], градиентный бустинг XGBoost [8] и декомпозиционные модели Prophet [13]. Для обнаружения аномалий в корпоративных системах используются гибридные схемы [3, с. 57]. Отечественные авторы подчёркивают отраслевую специфику: точность прогноза в промышленности и ЖКХ зависит от сезонности и качества исторических данных [2, с. 190; 5, с. 38].

Вместе с тем остаётся нерешённым ряд вопросов: модели оцениваются преимущественно по техническим метрикам без связи с операционными и экономическими показателями; отсутствует целостная методика от постановки целей до мониторинга и оценки эффекта; экономический эффект редко рассчитывается через предотвращённый ущерб [6, с. 64]. Проблема исследования — противоречие между потенциальной ценностью предиктивной аналитики и отсутствием практико-ориентированной методики её внедрения и обоснования. Цель — разработать и апробировать такую методику для предприятия ЖКХ. Задачи: проанализировать методы анализа данных и практики ITSM; выявить типовые проблемы; разработать методику; провести апробацию и оценить экономическую эффективность.

Методика исследования

Методика представляет собой циклический процесс из шести этапов: постановка бизнес-целей и метрик успеха; подготовка данных и обеспечение их качества; разработка, обучение и валидация ML-модели; интеграция модели в процессы ITSM (алерты, маршрутизация заявок, регламенты); оценка эффективности и расчёт ROI; мониторинг, поддержка и развитие (контроль дрейфа, переобучение, масштабирование). Ядро методики — гибридная модель: Prophet выполняет декомпозицию временного ряда на тренд и сезонность, XGBoost корректирует базовый прогноз по остаткам с учётом часа суток, дня недели, лагов и компонент Prophet. Схема сочетает интерпретируемость декомпозиции с точностью бустинга [8; 13].

Качество модели оценивается по MAPE, Precision, Recall и F1-мере, операционная эффективность — по MTTR, числу инцидентов и доступности. Для комплексной оценки используется интегральный показатель $E_{total} = 0{,}30 \cdot T_{norm} + 0{,}30 \cdot O_{norm} + 0{,}40 \cdot B_{norm}$, где T_{norm}, O_{norm} и B_{norm} — нормированные технические, операционные и бизнес-индексы. Экономическая оценка основана на сопоставлении предотвращённого ущерба и совокупной стоимости владения (TCO): рассчитываются ROI, NPV, IRR и срок окупаемости [6, с. 64].

Результаты апробации

Апробация проведена в ООО «Квартплата 24» (ЖКХ): более 500 тыс. лицевых счетов, 45 серверов, 25 ТБ данных, ИТ-бюджет 85 млн р. в год. До внедрения MTTR составлял 2,5 ч, доступность — 99,2 %. Пилот длился три месяца;

контрольная и пилотная группы включали по 100 виртуальных машин. Гибридная модель показала MAPE 8,5 %, Precision 87 %, Recall 84 %, F1 0,85. В пилотной группе MTTR снизился до 0,85 ч (–66 %), критические инциденты — на 33 %, доступность выросла до 99,5 %, доля автоматических решений достигла 73 %.

Предотвращённый ущерб за три месяца составил 24,0 млн р.; TCO — 4,66 млн р.; ROI — 415 %; NPV — 53,0 млн р.; IRR — 513 %; срок окупаемости — 2,3 месяца. Консервативный годовой эффект без масштабирования принят на уровне 24,0 млн р.

Обсуждение и ограничения

Результаты согласуются с выводами исследований о том, что эффект даёт не отдельная модель, а интеграция аналитики в процессы управления [2, с. 190; 11]. В отличие от платформенных решений AIOps, методика допускает поэтапное внедрение с ограниченным бюджетом. Ограничения связаны с рамками одного кейса и трёхмесячным пилотом: сохраняется неопределённость эффекта при масштабировании, а сезонность ЖКХ требует проверки на годовом цикле; качество прогноза зависит от полноты разметки инцидентов и стабильности инфраструктуры, поэтому необходим мониторинг дрейфа.

Выводы

1. Предложена методика из шести этапов, связывающая технические, операционные и экономические показатели предиктивной аналитики в ИТ-инфраструктуре.
2. Гибридная модель Prophet + XGBoost обеспечивает баланс точности и интерпретируемости: MAPE 8,5 %, Precision 87 %, Recall 84 %.
3. Апробация в ЖКХ подтвердила эффект: MTTR снижен на 66 %, критические инциденты — на 33 %, доступность — 99,5 %, автоматизация — 73 %.
4. Экономический эффект: предотвращённый ущерб 24,0 млн р., TCO 4,66 млн р., ROI 415 %, NPV 53,0 млн р., окупаемость 2,3 месяца. Дальнейшая работа связана с проверкой на годовом цикле и масштабированием.

Таблица 1. **Основные результаты апробации**

Показатель	До	После
MTTR	2,5 ч	0,85 ч
Критические инциденты	базовый уровень	–33 %
Доступность	99,2 %	99,5 %
Доля автоматических решений	0 %	73 %
TCO	—	4,66 млн р.
Предотвращённый ущерб (3 мес.)	—	24,0 млн р.

Литература:

1. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных / К. Дж. Дейт. — 8-е изд. — М.: Вильямс, 2006. — 1328 с.
2. Ершов, А. Н. Актуальные проблемы развития предиктивной аналитики в промышленности / А. Н. Ершов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. — 2025. — Т. 23, № 3. — С. 187–194.
3. Зайцев, А. С. Обнаружение аномалий в корпоративных информационных системах методами машинного обучения / А. С. Зайцев, Е. В. Морозова // Информатика и её применения. — 2024. — Т. 18, № 2. — С. 55–63.
4. Коберн, Д. Управление ИТ-услугами на основе ITIL / Д. Коберн, М. Блэк; пер. с англ. — М.: Альпина Паблишер, 2019. — 298 с.
5. Ковалёв, С. П. Цифровая трансформация предприятий ЖКХ: вызовы и решения / С. П. Ковалёв // ЖКХ: журнал руководителя и главного бухгалтера. — 2025. — № 2. — С. 36–44.
6. Козлов, А. Н. Оценка экономической эффективности Big Data-проектов: методические подходы / А. Н. Козлов // Экономика и управление. — 2024. — № 5. — С. 62–70.
7. Breiman, L. Random Forests / L. Breiman // Machine Learning. — 2001. — Vol. 45, no. 1. — P. 5–32.
8. Chen, T. XGBoost: A Scalable Tree Boosting System / T. Chen, C. Guestrin // Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD. — 2016. — P. 785–794.
9. Gartner. Market Guide for AIOps Platforms / P. Doherty, G. Sintra [et al.] [Электронный ресурс]. — URL: https://www.gartner.com/ (дата обращения: 15.04.2024).
10. DAMA-DMBOK: Data Management Body of Knowledge / DAMA International. — 2nd ed. — Basking Ridge: Technics Publications, 2017. — 628 p.
11. Forrester Research. The Forrester Wave™: Predictive Analytics and Machine Learning, Q1 2023 [Электронный ресурс]. — URL: https://www.forrester.com/ (дата обращения: 10.04.2024).
12. COBIT 2019 Framework: Governance and Management Objectives / ISACA. — Rolling Meadows: ISACA, 2018. — 370 p.
13. Taylor, S. J. Forecasting at scale / S. J. Taylor, B. Letham // The American Statistician. — 2018. — Vol. 72, no. 1. — P. 37–45.

Разработка платформенного решения «Умный город» на основе интеграции кастомных облачных решений и типовых микросервисов

Пригара Анна Александровна, студент магистратуры
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва

В настоящей статье рассмотрена проблематика выбора в области цифровой трансформации муниципальных образований в рамках ведомственного проекта Минстроя России «Умный город». Анализ предпочтений муниципалитетов при цифровизации городской инфраструктуры позволил выявить полярные подходы. Так, муниципалитеты склонны принимать решения в пользу одного из направлений развития ИТ-инфраструктуры. Кастомные облачные решения и типовые микросервисы должны стать основой гибридной модели, которая взяла из каждого подхода развития цифровой среды лучшее, что позволяет не только достигать целевых показателей национальных проектов, повышать эффективность работы муниципальных служащих, но и снижать издержки на разработку и эксплуатацию внедряемых передовых технологий, а также способствует развитию диалога между заинтересованными лицами и властью, повышает безопасность в регионе, способствует переходу от реактивного управления к проактивному. Предложенная концепция должна стать ответом на главный вопрос: «В каком случае необходимо выбирать локальные кастомные модули, а когда необходимо рассмотреть стандартизированные варианты федеральных облачных сервисов?». Если сегодня ответ на этот вопрос основывается исключительно на предпочтениях муниципалитета и нормативных ограничениях. В основном отдают предпочтение более дешёвым цифровым продуктам на этапе закупки и внедрения, однако это порождает комплекс проблем: от годовых мучений с доработкой до развития лоскутной автоматизации и невозможности интеграции с другими системами. Однако есть муниципальные образования, которые при выборе модели цифровизации отдают предпочтение исключительно кастомным разработкам, обосновывая свой выбор уникальностью территории и недостатком на рынке цифрового решения, которое бы отвечало на все запросы данной территории. Второй подход активно используют для раздувания бюджета и создания иллюзии работы над глобальной проблемой, поиска новых путей её решения, которое изменит в лучшую сторону жизнь граждан, а также позволит вывести муниципалитет на новый социально-экономический уровень и стать предметом подражания для других городов РФ. В ходе научного исследования начата разработка многокритериальной модели оптимизации выбора IT-решений, которая должна способствовать преодолению субъективизма при принятии управленческих решений в органах местного самоуправления.

Ключевые слова: *кастомные облачные решения, типовые микросервисы, умный город, IT-инфраструктура, многокритериальная модель оптимизации выбора IT-решений, метод анализа иерархий.*

Глобальный мировой тренд на цифровизацию диктует необходимость в создании безопасных, эффективных отечественных решений в системе государственного и муниципального управления. Такая тенденция актуализирует необходимость создания методологических рекомендаций по выбору предпочтительной модели цифровизации инфраструктуры. Однако данный выбор усложняется тем, что современная городская среда характеризуется как сложная, непредсказуемая социально-экономическая система. Эффективное управление муниципалитетами на сегодняшний день невозможно представить без использования технологий, способствующих повышению скорости агрегации информации, преобразованию данной информации в пространственно-временные данные и выведению рекомендаций по дальнейшему ходу управления [2]. Всё это становится возможным благодаря развитию отечественных технологий со встроенным искусственным интеллектом, машинным обучением и компьютерным зрением.

На практике перед органами местного самоуправления возникает дилемма выбора стратегии автоматизации: инвестировать в создание уникальных кастомных решений или же направить бюджетные средства на подключение к типовым микросервисам, разработанных крупнейшими компаниями РФ (например, Росатом) или группами российских разработчиков [1]. Из-за отсутствия методических рекомендаций на федеральном уровне у регионов РФ процесс цифровой трансформации затягивается на десятки лет, а в некоторых случаях останавливается вовсе, что приводит к повышению цифрового разрыва между субъектами РФ, вследствии чего уровень жизни, доступность и качество государственных и муниципальных услуг значительно отличаются в мегаполисах и малых городах нашей страны.

Анализ сложившейся практики цифровизации городских пространств в России выявил системное противоречие, при котором муниципальные образования внедряют концепцию «Умного города» используя либо типовые облачные решения, либо кастомные разработки, однако данный выбор не должен основываться на исключении второго варианта при выборе первого [3]. Гибридная модель цифровизации инфраструктуры позволяет сочетать различные стратегии, что позволяет создавать инновационные технологии с встроенными типовыми решениями. Такая модель не только учитывает специфику территории, но и позволяет сократить первоначальные

затраты, сроки внедрения, снизить риски неэффективности продукта, а также повысить интероперабельность и обеспечить соответствие жёстким требованиям Федеральной службы по техническому и экспортному контролю России в контуре критической информационной инфраструктуры.

В основу многокритериальной модели оптимизации выбора IT-решений легла математический инструмент комплексного анализа американского учёного Томаса Саати. Данный инструмент позволяет произвести сравнительный анализ оптимальных решений при условии наличия множества противоречивых критериев и экспертных оценок. Переложить и адаптировать данную модель на уровень муниципального управления — значит превратить субъективные оценки служащих, IT-разработчиков в области цифровизации городской инфраструктуры в объективные количественные показатели. Оценка IT-решений по многокритериальной модели оптимизации выбора позволит снизить риски лоббирования интересов отдельных социальных групп, которые в реальной жизни не имеют реального социально-экономического эффекта, однако приводят к неэффективному расходованию бюджетных средств и повышению рисков возникновения коррупции. Несмотря на высокую эффективность метода анализа иерархий, он часто подвергается критике со стороны научных сообществ и нуждается в адаптации при переложении в область оценки IT-решений. Так, например, одной из главных проблем базового метода является высокий субъективизм, который проявляется в намеренном завышении оценки экспертами, заинтересованными лицами в конкретном IT-решении. Метод Томаса Саати подвержен расширению состава критериальной оценки, которое изначально направлено на создание более точного экспертного заключения, но в итоге приводит к повышению нагрузки на лиц, проводящих оценку IT-решений, и становится одним из факторов допущения логических противоречий [5]. Также базовая модель оценивает проект изолированно от конкретных внешних условий конкретной территории, что категорически недопустимо в области государственного и муниципального управления. Такой подход приведёт к совершению выбора, которое теоретически эффективно и обладает низкой себестоимостью, но может привести к непредвиденным последствиям. Многокритериальная модель оптимизации выбора IT-решений учитывает данные уязвимости метода анализа иерархий и делает возможным применение концепции в практике муниципального управления РФ.

Предлагаемая модель сочетает в себе качественные характеристики, которые рассчитываются по шкале Саати. Временные и финансовые показатели измеряются и подставляются в шкалу как дисконтированная совокупная стоимость владения на шестилетнем горизонте и точные сроки внедрения в днях. Горизонт расчёта выбран исходя из актуальных сроков стратегического планирования в РФ, которые определяют среднесрочные и долгосрочные направления, ориентиры развития нашей страны, отдельных регионов и муниципалитетов. Благодаря изменению исходных показателей, методов расчёта снижаются риски субъективизма, так как многокритериальная модель учитывает актуальную ситуацию в России и направлена на детализированный анализ, который учитывает экономические, социальные, геополитические и исторические особенности субъекта РФ. Раздувание критериев оценки по шкале Томаса Саати решается за счёт укрупнения в группы индикаторов анализа. За основу берётся норматив Минстроя России по оценке IQ городов, и на основе данных производится объединение в 5 ключевых групп: группа рисков зависимости от подрядчиков и стратегических рисков; функционально-технологические риски; киберриски и риски нормативного соответствия; временные риски; экономические риски. Важнейшим элементом многокритериальной модели оптимизации выбора IT-решений стало введение системы первоначальной фильтрации, когда решение о покупке или разработке цифрового продукта ещё не принято. Первоначальный этап будет отсеивать инновации, которые не соответствуют требованиям Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ, Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ, Федеральной службы по техническому и экспортному контролю России.

Как и говорилось ранее, шкала Томаса Саати не учитывает эффективность принимаемых решений в реальных условиях, она остаётся теоретическим обоснованием эффективности выбора в идеальных условиях. Для решения данной проблемы необходимо пересмотреть ряд методических рекомендаций в регламенте принятия решений. В первую очередь необходимо определить состав комиссий, участвующих в оценке IT-решений, определить юридическую ответственность за дачу ложного экспертного заключения, прописать квотирование мест для экспертов из разных областей деятельности в равном количестве. Экспертов в области финансов, кибербезопасности, отраслевых экспертов, IT-специалистов должно быть равное количество в составе межведомственной комиссии, благодаря чему будет решён ведомственный перекос при принятии решения в сторону разработки кастомных облачных сервисов или подключения к типовым цифровым продуктам.

Внедрение многокритериальной модели оптимизации выбора IT-решений должно служить эффективным инструментом анализа и обоснования оптимального решения в условиях цифровизации городов в рамках ведомственного проекта Минстроя России «Умный город» [4]. Учитывая финансовые ограничения муниципальных образований при построении IT-архитектуры, недостаток квалифицированных кадров и сжатые сроки подготовки обоснованного проекта цифровизации муниципалитета, появляется необходимость в создании цифрового калькулятора многокритериальной модели оптимизации выбора IT-решений для снижения нагрузки на муниципальных служащих.

Таким образом, исследование позволило определить проблемы, возникающие у муниципальных служащих при принятии решения в сторону одной из стратегий развития цифровой инфраструктуры. Полярность подходов, существующая на данный момент, не приводит к эффективному построению IT-архитектуры, а способствует развитию непредвиденных рисков, возникновению зависимости от поставщиков и лицензирования, незапланированных бюджетных расходов. Ошибочное принятие решения в пользу кастомизации облачного решения или же в сторону выбора типовых микросервисов приводит к высокой нагрузке на муниципальных служащих, так как им приходится годами перенастраивать цифровой продукт под особенности муниципалитета, а также бороться с невозможностью связывания инновации с имеющейся городской архитектурой. Решением сложившейся ситуации должна стать многокритериальная модель оптимизации выбора IT-решений, которая основывается на методе анализа иерархий, методических рекомендациях Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций, а также устраняет слабости шкалы Томаса Саати за счёт актуализации критериев оценки и переложения модели в область государственного и муниципального управления при развитии умных городов.

Литература:

1. Воронова, А. Г. Типизация проектов перехода на облачные сервисы / А. Г. Воронова. — Текст: непосредственный // Вестник Донского государственного технического университета. — 2024. — № 3. — С. 274–282.
2. Малышева, Н. А. Перспективы использования облачных технологий в государственном и муниципальном управлении РФ / Н. А. Малышева. — Текст: непосредственный // Государственное и муниципальное управление в XXI веке: теория, методология, практика. — 2011. — № 1.
3. Попов, Е. В. Умные города: монография / Е. В. Попов, К. А. Семячков. — М.: ЛЕНАНД, 2020. — 344 с. — Текст: непосредственный.
4. Проект Цифровизации городского хозяйства «Умный город». — Текст: электронный // Минстрой России: [сайт]. — URL: https://minstroyrf.gov.ru/trades/gorodskaya-sreda/proekt-tsifrovizatsii-gorodskogo-khozyaystva-umnyy-gorod/ (дата обращения: 18.11.2026).
5. Саати, Т. Л. Относительное измерение и его обобщение в принятии решений. Почему парные сравнения являются ключевыми в математике для измерения неосязаемых факторов / Т. Л. Саати. — Текст: непосредственный // Cloud of science. — 2016. — № 2.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Сравнительный анализ гидравлического поведения сферических и цилиндрических гранул активированного угля

Бирюкова Татьяна Александровна, студент магистратуры
Научный руководитель: Пивоварова Надежда Анатольевна, доктор технических наук, профессор
Астраханский государственный технический университет

Одним из важнейших факторов, влияющих на эксплуатационные характеристики угольной загрузки, является форма частиц адсорбента. Она определяет характер взаимного расположения гранул, величину межгранулярных пустот, гидравлическое сопротивление слоя, равномерность распределения потока и склонность материала к истиранию и образованию мелкодисперсных частиц [1]. В связи с этим выбор формы активированного угля представляет собой важную задачу при проектировании и модернизации адсорбционного оборудования.

В работе описано сравнение активированных углей сферической и цилиндрической форм. Цель работы — расчётная оценка влияния формы гранул активированного угля на гидравлические и структурные характеристики фильтрующей загрузки для обоснования выбора типа сорбента при проектировании и модернизации адсорбционного оборудования.

Задачи работы:

1. Провести сравнительный анализ активированных углей сферической формы («Техносорб1») и цилиндрической формы (марка АГ3) по основным эксплуатационным параметрам загрузки.
2. Выполнить расчёт гидравлического сопротивления слоёв по уравнению Эргуна.
3. Оценить структуру межгранулярного пространства

Расчёт гидравлического сопротивления — основной критерий. Это наиболее наглядный расчёт, с помощью которого можно сравнить сферические и цилиндрические гранулы. Его определение позволит выявить форму загрузки, обеспечивающую наименьшие потери давления при сопоставимых условиях эксплуатации [2].

$$\frac{\Delta P}{H} = 150\frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3}\cdot\frac{\mu L v}{\varphi^2 d_p^2} + 1{,}75\frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon^3}\cdot\frac{\mu L v^2}{\varphi d_p}, \quad (1)$$

где μ — динамическая вязкость жидкости, Па·с; H — высота слоя фильтрующей загрузки, м; ε — порозность слоя; φ — коэффициент сферичности, dp — средний диаметр гранул активированного угля, м; v — скорость фильтрации, м/с; ρ — плотность рабочего раствора, кг/м³.

Примером активированного угля сферической формы примем «Техносорб-1», цилиндрической- уголь марки АГ-3 [3,4].

Средний диаметр гранул сферической формы:

$$d_{ср\ сф} = 0{,}02 \cdot 0{,}5 + 0{,}98 \cdot 1{,}5 = 1{,}48 \text{ мм}, \quad (2)$$

Средний диаметр гранул цилиндрической формы:

$$d_{ср\ ц} = 0{,}3 \cdot 3{,}2 + 0{,}86 \cdot 2{,}8 + 0{,}1 \cdot 1{,}5 = 2{,}67 \text{ мм} \quad (3)$$

Коэффициент сферичности характеризует отклонение формы частицы от идеального шара:

$$\varphi = \frac{S_{шара}}{S_{частицы}}$$

где Sшара- поверхность шара, имеющего тот же объем, что и данная частица с поверхностью Sчастицы.

Соответственно для идеальной сферы коэффициент сферичности равен 1.

Длина цилиндрической гранулы:

$$L_{цил} = 2d \quad (4)$$

$$L_{цил} = 2 \cdot 2.67 = 5.34 \text{ мм}$$

Для цилиндрической формы объем просчитывается:

$$V_{цил} = \frac{\pi d^2 L}{4}$$

$$V_{цил} = \frac{3.14 \cdot 2.67^2 \cdot 5.34}{4} = 29.88 \text{ мм}^3$$

Площадь поверхности:

$$S_{цил} = \pi dL + \frac{\pi d^2}{2}$$

$$S_{цил} = 3{,}14 \cdot 2.67 \cdot 5.34 + \frac{3{,}14 \cdot 2.67^2}{2} = 55.96 \text{ мм}^2$$

Радиус равновеликой сферы:

$$r = \sqrt[з]{\frac{3V_{цил}}{4\pi}}$$

$$r = \sqrt[з]{\frac{3 \cdot 29.88}{4 \cdot 3{,}14}} = 1{,}93 \text{ мм}$$

Площадь равновеликой сферы:

$S_{сф} = 4\pi \cdot r^2$

$S_{сф} = 4 \cdot 3.14 \cdot 1.93^2 = 46{,}78$ мм^2

$$\varphi_{цил} = \frac{46{,}78}{55{,}96} = 0{,}80$$

Тогда гидравлическое сопротивление сферического слоя составляет

$$\Delta P = 150\frac{(1-0{,}6)^2}{0{,}6^3} \cdot \frac{0{,}016 \cdot 5{,}97 \cdot 10^{-4}}{1 * 0{,}0015^2_{\square}} + 1{,}75\frac{(1-0{,}6)}{0{,}6^3} \cdot \frac{0{,}016 \cdot 1 \cdot (5{,}97 \cdot 10^{-4})^2}{1 * 0{,}0015}$$

$\Delta P = 472$ Па $= 0{,}4$кПа

Цилиндрического слоя:

$$\Delta P = 150\frac{(1-0{,}38)^2}{0{,}38^3} \cdot \frac{0{,}016 \cdot 5{,}97 \cdot 10^{-4}}{0{,}83^2 * 0{,}0027^2_{\square}} + 1{,}75\frac{(1-0{,}38)}{0{,}38^3} \cdot \frac{0{,}016 \cdot (5{,}97 \cdot 10^{-4})^2}{0{,}83 * 0{,}0027}$$

$\Delta P = 1998$ Па $= 2{,}0$ кПа

Повышенное сопротивление слоя АГ 3 (в 4,2 раза выше) обусловлено снижением порозности слоя и уменьшением эквивалентного диаметра частиц, что делает гидравлику слоя высокочувствительной к структуре насыпки и геометрии гранул.

Одним из факторов, влияющих на эффективность работы угольного фильтра, является равномерность распределения потока жидкости в межгранульном пространстве. При неоднородной укладке сорбента могут формироваться участки с повышенной свободной площадью, по которым жидкость движется преимущественно. В результате возникает явление каналирования — неравномерное распределение потока, при котором отдельные участки загрузки используются интенсивнее, а другие остаются недостаточно задействованными в процессе очистки.

Для более полного рассмотрения каналообразования необходимо учитывать не только размер проходного сечения, но и площадь межчастичного пространства. Площадь равностороннего треугольника, образованного центрами трёх частиц, определяется выражением:

$$S\Delta = \frac{\sqrt{3}}{4} d^2$$

Площадь трёх круговых секторов, занимающих часть этого треугольника, составляет:

$$S_{сект} = \frac{\pi}{8} d^2$$

Разность указанных величин характеризует площадь пустоты между тремя частицами в рассматриваемом поперечном сечении:

$$S_к = \frac{\sqrt{3}}{4}d^2 - \frac{\pi}{8}d^2 = 0{,}0403d^2$$

Для сферических гранул:

$S_{к\,сф} = 0{,}0403 * 1{,}48^2 = 0{,}0882$ мм^2

Для цилиндрических гранул:

$S_{к\,цил} = 0{,}0403 * 2{,}67^2 = 0{,}2873$ мм^2

Проведённое сравнение активированных углей сферической («Техносорб-1») и цилиндрической (АГ-3) форм показывает, что геометрия гранул является определяющим фактором гидравлического поведения угольной загрузки.

Расчёт по уравнению Эргана выявил существенное различие в сопротивлении слоёв: для сферического угля потери давления составили 472 Па, тогда как для цилиндрического АГ-3–1198 Па, то есть более чем в 2,5 раза выше. Расчётная площадь межчастичного отверстия для цилиндрических гранул примерно в 3 раза превышает соответствующий показатель для сферических гранул. Это также связано с различием принятых размеров частиц.

Литература:

1. Lan J., Wang B., Bo C., Gong B., Ou J. Progress on fabrication and application of activated carbon sphere in recent decade // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2023. Vol. 120. P. 47–72.
2. Иваненко, А. Ю. Гидромеханика неоднородных систем / Учебное пособие для студентов заочной формы обучения– СПбГТИ (ТУ), 2014. — 57 с.
3. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Научные основы катализа и адсорбции» для студентов очной формы обучения направления подготовки 18.03.01 Химическая технология / сост. е. В. Вернигорова; Сев.-Кавк. федер. ун-т, Невинномыс. технол. ин-т (филиал). — Невинномысск: СКФУ, 2023.
4. ГОСТ 20464–75 «Уголь активный АГ-3. Технические условия»

Влияние места компенсации реактивной мощности на технические потери в кабельной сети 10,5 кВ АЭС «Руппур»

Еремеев Владислав Сергеевич, студент магистратуры
Тольяттинский государственный университет (Самарская область)

Рассчитано влияние расположения компенсирующей установки на активные потери в двухцепном кабельном фидере 10,5 кВ и питающем трансформаторе. Сопоставлены подключения на шинах, в середине линии и у нагрузки при повышении коэффициента мощности до 0,95. Для трех характерных режимов получена условная годовая экономия электроэнергии.

Ключевые слова: *реактивная мощность, компенсирующее устройство, кабельный фидер, коэффициент мощности, потери активной энергии, АЭС.*

Компенсация реактивной мощности снижает ток между источником питания и местом подключения батареи. Поэтому улучшение cos φ на шинах 10,5 кВ не гарантирует снижения потерь в отходящем кабеле. Известные подходы связывают компенсацию с уменьшением тока и регулированием напряжения [1, 2]. Для выбора места подключения требуется установить длину разгружаемого участка.

Для АЭС рассматривается условный неответственный фидер без изменения питания систем безопасности [4].

Расчетная модель

Принят трансформатор 230/10,5 кВ мощностью 25 МВА с потерями холостого хода 18 кВт и нагрузочными потерями 85 кВт. Отходящий фидер образован двумя одинаковыми параллельными цепями длиной 1,2 км каждая. При сечении медной жилы 150 мм² и температуре 80 °C эквивалентное активное сопротивление фазы составляет 0,09194 Ом. В исходном режиме нагрузка равна 8 МВт и 5 Мвар при cos φ = 0,848. Все значения заданы для сравнительного расчета.

Координата x отсчитывается от начала фидера до места установки батареи. Приняты x = 0 на шинах, x = 0,5 посередине кабеля и x = 1 у нагрузки.

$$Q_к = P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) \quad (1)$$

где Qк — мощность компенсации, Мвар, P — активная мощность нагрузки, МВт, φ1 и φ2 — углы до и после компенсации. При cos φ = 0,95 расчет дает Qк = 2,371 Мвар.

Кабель до батареи передает уменьшенную реактивную мощность, тогда как участок после нее сохраняет прежний ток. При одинаковом сопротивлении жил и неизменном напряжении потери линейно зависят от координаты x, хотя они пропорциональны квадрату тока. Конструкция кабеля и потери в экранах требуют отдельной проверки по IEC 60287–1–1:2023 [5].

$$\Delta P_{кл}(x) = 3R_\Sigma[xI_1^2 + (1-x)I_0^2] \quad (2)$$

где RΣ — сопротивление полного кабельного участка, Ом, I0 и I1 — ток до и после компенсации, А, x — доля разгруженной длины.

Трансформатор разгружается при любом месте установки батареи, поскольку компенсируемая реактивная мощность перестает проходить через его обмотки. Потери холостого хода остаются постоянными. Для принятой нагрузки трансформаторные потери снижаются с 30,10 до 27,64 кВт, а изменение кабельной составляющей определяется координатой x.

$$\Delta P_\Sigma(x) = \Delta P_{кл}(x) + P_0 + P_к\left(\frac{\sqrt{P^2+Q_1^2}}{S_{ном}}\right)^2 \quad (3)$$

где P0 — потери холостого хода, Pк — нагрузочные потери при номинальной мощности, Q1 — реактивная мощность после компенсации, Sном — номинальная мощность трансформатора.

Таблица 1. **Потери при различном размещении устройства в максимальном режиме**

Точка подключения	x	Кабель, кВт	Трансформатор, кВт	Сумма, кВт	Экономия, %
На шинах до кабеля	0,0	74,22	27,64	101,87	2,36
В середине кабеля	0,5	66,68	27,64	94,32	9,59
В узле нагрузки	1,0	59,14	27,64	86,78	16,82

По таблице 1 экономия возрастает с 2,46 до 17,54 кВт при переносе батареи с шин к нагрузке. Различие определяется длиной разгруженного участка кабеля.

Экономия электроэнергии за год

Для оценки годового эффекта приняты три условных режима нагрузки. Мощности 4 МВт и 2,7 Мвар соответствуют 2920 ч, 6 МВт и 3,8 Мвар — 3650 ч, 8 МВт и 5 Мвар — 2190 ч. В каждом режиме мощность батареи регулируется до cos φ = 0,95, что исключает завышение экономии из-за принятия постоянной компенсации при меняющейся нагрузке.

$$\Delta W_{год} = \sum_{j=1}^{m}\left[\Delta P_{0,j} - \Delta P_{1,j}\right]\Delta t_j \quad (4)$$

где ΔWгод — годовая экономия энергии, кВт·ч, ΔP0,j и ΔP1,j — потери до и после компенсации, кВт, Δtj — длительность режима, ч.

Таблица 2. **Условная экономия на фидере при трех режимах нагрузки**

P, МВт; Q, Мвар	Часы за год	До компенсации, кВт	После компенсации, кВт	Экономия, МВт·ч
4; 2,7	2920	40,59	35,20	15,75
6; 3,8	3650	66,92	56,69	37,35
8; 5,0	2190	104,33	86,78	38,42

При размещении батареи у нагрузки годовая экономия достигает 91,52 МВт·ч (таблица 2). Для середины кабеля расчет дает 52,18 МВт·ч, а для шин до фидера — 12,83 МВт·ч. Значения относятся к заданному графику нагрузки и требуют проверки по архивам P(t) и Q(t) [2, 3].

Ограничения применения

Перед выбором установки проверяют уровни напряжения, гармоники, резонанс и допустимый ток кабеля. Качество электроэнергии измеряют по IEC 61000–4–30:2025 [6]. Неравномерная загрузка параллельных цепей требует уточненного расчета потокораспределения. Для АЭС необходима дополнительная проверка защит и соблюдения требований МАГАТЭ [4].

Выводы

Для двухцепного фидера 10,5 кВ размещение компенсатора у нагрузки обеспечивает экономию 17,54 кВт против 2,46 кВт при подключении на шинах до кабеля. При условном годовом графике разница достигает 78,69 МВт·ч. Для внедрения необходимы измерения и проверка допустимости коммутаций на выбранном фидере.

Литература:

1. Байниязов Б. А., Гауанов Г. З. Снижение потерь электроэнергии за счет регулирования напряжения и компенсации реактивной мощности // Молодой ученый. 2021. № 23 (365). С. 9–12. URL: https://moluch.ru/archive/365/82075/ (дата обращения: 21.11.2026).
2. Федоров В. Д., Теребаев В. В. Исследование применения шагового метода компенсации реактивной мощности для повышения качества электроэнергии в распределительных сетях // Молодой исследователь Дона. 2020. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-primeneniya-shagovogo-metoda-kompensatsii-reaktivnoy-moschnosti-dlya-povysheniya-kachestva-elektroenergii-v (дата обращения: 21.11.2026).
3. Фурсанов М. И., Золотой А. А., Макаревич В. В. Расчет технологического расхода (потерь) электроэнергии в современных распределительных электрических сетях 0,38–10 кВ // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2018. Т. 61. № 5. С. 408–422. DOI: 10.21122/1029–7448–2018–61–5–408–422.
4. International Atomic Energy Agency. Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Standards Series No. SSG-34. Vienna: IAEA, 2016. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1673web-53477409.pdf (дата обращения: 21.11.2026).
5. International Electrotechnical Commission. IEC 60287–1–1:2023. Electric cables — Calculation of the current rating — Part 1–1. Geneva: IEC, 2023. URL: https://webstore.iec.ch/en/publication/68118 (дата обращения: 21.11.2026).
6. International Electrotechnical Commission. IEC 61000–4–30:2025. Electromagnetic compatibility — Part 4–30: Power quality measurement methods. Geneva: IEC, 2025. URL: https://webstore.iec.ch/en/publication/71611 (дата обращения: 21.11.2026).

Снижение потерь электроэнергии в питающих и распределительных сетях АЭС «Руппур»

Еремеев Владислав Сергеевич, студент магистратуры
Тольяттинский государственный университет (Самарская область)

Рассмотрены источники технических потерь в модельном участке электроснабжения собственных нужд АЭС «Руппур». Поэлементный расчет для трансформатора 25 МВА и двух параллельных кабельных цепей 10,5 кВ позволил оценить изменение потерь при локальной компенсации реактивной мощности. Исходные параметры отделены от опубликованных сведений о станции, а выбор мероприятий ограничен требованиями надежности электропитания.

Ключевые слова: *атомная электростанция, технические потери, собственные нужды, кабельная линия, силовой трансформатор, компенсация реактивной мощности.*

Постановка задачи

Питающая сеть атомной станции связывает источники электроэнергии, распределительные устройства и электроприемники собственных нужд, среди которых значительную часть составляют насосные и вентиляционные электроприводы. Пока технологический режим поддерживается с заданной нагрузкой, потери активной мощности возникают

в токоведущих частях кабелей, в обмотках трансформаторов и в других элементах электрического тракта. Их величина зависит от полной мощности и сопротивления элементов, причем два фидера одинакового класса напряжения могут заметно различаться по потерям из-за длины трассы, температуры жил, схемы резервирования и распределения реактивного тока. Поэтому процент потерь, установленный для национальной энергосистемы или промышленной распределительной сети, нельзя использовать в качестве измеренного показателя внутренних сетей АЭС [1, 2].

Проект АЭС «Руппур» предусматривает два энергоблока проектной электрической мощностью по 1200 МВт. Согласно сообщению Bangladesh Sangbad Sangstha от 17 ноября 2026 г., первый блок начал испытательную выдачу 350 МВт в национальную сеть [4]. Указанная стадия важна для исследования энергосбережения, поскольку пусковые режимы характеризуются изменяющимися нагрузками собственных нужд и не позволяют восстановить годовой баланс по одному контрольному замеру. Годовой отчет Power Grid Bangladesh описывает внешнюю инфраструктуру выдачи мощности, хотя сведений о поэлементных потерях внутренних сетей станции в нем нет [9]. Для проверки инженерных решений ниже используется открытая расчетная постановка с воспроизводимыми исходными величинами.

Система электроснабжения атомной станции отличается от общепромышленной прежде всего тем, что электрическое питание ряда потребителей входит в цепочку выполнения функций безопасности. Руководство МАГАТЭ SSG-34 рассматривает проектирование электрических систем с учетом нормальной эксплуатации, аварийных условий, резервирования и переходных режимов [5]. Поэтому изменение схемы трансформаторов, установки компенсации или режима секционирования может предлагаться лишь после проверки проектной классификации соответствующего присоединения. Документ SSR-2/1 связывает допустимость проектных изменений с сохранением требований безопасности [6]. В настоящем исследовании расчеты относятся к условному участку с неустановленной принадлежностью к системам безопасности, а не к проектному разрешению на реконструкцию.

Исходная модель и метод расчета

Для сравнения рассматривается один трехфазный трансформатор номинальной мощностью 25 МВА, которому в модели соответствуют напряжения 230/10,5 кВ, потери холостого хода 18 кВт и нагрузочные потери при номинальной мощности 85 кВт. Через распределительное устройство 10,5 кВ питается нагрузка с активной мощностью 8 МВт и реактивной мощностью 5 Мвар. Кабельная часть образована двумя одинаковыми параллельными трехфазными цепями, каждая длиной 1,2 км, с медными жилами условного сечения 150 мм². Активное сопротивление жилы при 20 °C принято 0,124 Ом/км, температурный коэффициент меди — 0,00393 1/°C. Паспортные характеристики реальных трансформаторов и способ прокладки кабелей станции не опубликованы в достаточном для указанного расчета объеме, вследствие чего приведенные цифры рассматриваются как параметры исследовательской модели.

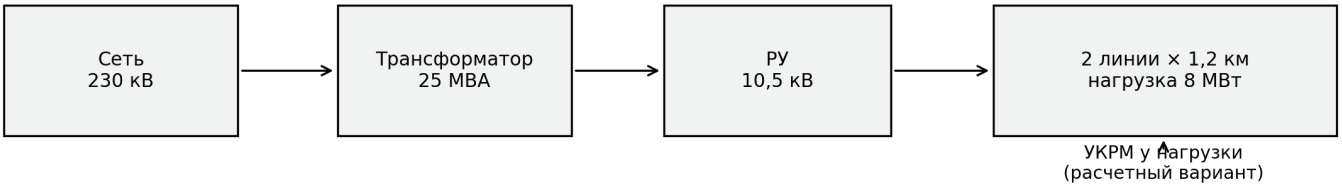

Рис. 1. **Расчетная цепочка питания и зона действия локального компенсатора**

Линейный ток симметричной трехфазной нагрузки определяется по активной и реактивной составляющим мощности, поскольку именно полная мощность задает токовую нагрузку проводников. При фиксированном номинальном напряжении и заданных P, Q получаем следующее соотношение.

$$I = \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{\sqrt{3}\,U} \tag{1}$$

где I — линейный ток, А; P — активная мощность, Вт; Q — реактивная мощность, вар; U — линейное напряжение, В.

Для каждой фазы эквивалентное сопротивление двух одинаковых параллельных цепей вдвое меньше сопротивления одной цепи, а температурная поправка применяется к сопротивлению проводника до объединения цепей. В результате при температуре жилы 80 °C получается 0,09194 Ом на фазу выделенного кабельного участка. Приближенный расчет пригоден для сравнения режимов, но не заменяет проектную оценку длительно допустимого тока, потерь в экранах, влияния метода прокладки и поверхностного эффекта. Требования к более полной кабельной модели изложены в IEC 60287–1–1:2023 [8]; температурные вопросы эксплуатации кабелей напряжением 10 кВ исследовали И. И. Цицонь с соавторами [3].

$$\Delta P_{кл} = 3I^2 R_{экв} \quad (2)$$

где ΔРкл — потери активной мощности в кабелях, Вт; Rэкв — эквивалентное активное сопротивление фазы, Ом.

Для трансформатора потери холостого хода принимаются в первом приближении постоянными при номинальном напряжении, тогда как нагрузочная составляющая возрастает квадратично по отношению фактической полной мощности к номинальной. Температурное состояние трансформатора и допустимая продолжительность загрузки требуют отдельного анализа, изложенного в IEC 60076–7:2018 [7]. Включение потерь холостого хода существенно, поскольку при уменьшении тока после компенсации они не исчезают.

$$\Delta P_{тр} = P_0 + P_к \left(\frac{S}{S_{ном}}\right)^2 \quad (3)$$

где Р0 — потери холостого хода, кВт; Рк — нагрузочные потери при номинальной мощности, кВт; S и Sном — фактическая и номинальная полные мощности, МВА.

Таблица 1. **Параметры поэлементного расчета в исходном режиме**

Расчетная величина	Значение	Основание
Активная и реактивная мощность	8 МВт; 5 Мвар	Принятые параметры модели
Коэффициент мощности	0,848	Расчет по P и Q
Линейный ток	518,73 А	Формула (1)
Эквивалентное сопротивление кабелей	0,09194 Ом	Две цепи при 80 °С
Кабельные потери	74,22 кВт	Формула (2)
Трансформаторные потери	30,10 кВт	Формула (3)
Потери выделенного участка	104,33 кВт	Сумма двух составляющих

Таблица 1 показывает, что кабельная составляющая в выбранной модели превышает трансформаторную. Подобное соотношение следует из принятых длины, сопротивления и мощности нагрузки и не характеризует всю станцию. Если изменить длину линии или количество параллельных цепей, доля кабельных потерь изменится без каких-либо преобразований технологического процесса, тогда как перераспределение нагрузки между трансформаторами будет влиять на сумму их постоянных и переменных потерь. Разграничение моделей и фактических балансов соответствует поэлементному подходу к анализу распределительных сетей, рассмотренному М. И. Фурсановым, А. А. Золотым и В. В. Макаревичем [2].

Сопоставление мер снижения потерь

Снижение передаваемой реактивной мощности уменьшает ток и квадратичную составляющую потерь, если компенсирующее устройство включено за интересующим участком сети. Рассчитанная компенсация от исходного коэффициента мощности 0,848 до 0,95 соответствует уменьшению реактивного перетока с 5 до 2,629 Мвар. Следовательно, для принятой неизменной нагрузки требуется номинальная компенсирующая мощность порядка 2,371 Мвар. Вопрос выбора ступеней и аппаратного исполнения пока не решается, поскольку фактические гармоники тока, нагрузки в минимальном режиме и допустимость коммутаций неизвестны.

$$Q_к = P(\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) \quad (4)$$

где Qк — мощность компенсации, Мвар; φ1 и φ2 — углы нагрузки до и после компенсации.

Если устройство подключено в конце двухцепного кабельного участка, уменьшение реактивной составляющей тока разгружает как кабельные линии, так и вышерасположенный трансформатор. В модели ток снижается до 463,04 А, кабельные потери — до 59,14 кВт, а потери трансформатора — до 27,64 кВт. Экономия активной мощности составляет 17,54 кВт, или 16,81 % исходной суммы потерь. На рисунке 2 разность показана по двум физически различным компонентам, вследствие чего видно, какая часть результата относится к кабельным сопротивлениям, а какая — к нагрузочным потерям трансформатора.

Размещение компенсатора только на шинах 10,5 кВ перед отходящей кабельной линией не уменьшит ток, необходимый для передачи исходных 8 МВт и 5 Мвар по этой линии. Разгрузится трансформатор, поскольку через него перестанет проходить часть реактивной мощности, но кабельные потери сохранят исходный уровень. Соответствующая экономия для рассматриваемой модели составит около 2,46 кВт вместо 17,54 кВт. Значительная разница обусловлена топологией электрической цепи, поэтому место подключения должно рассматриваться как самостоятельный расчетный параметр, особенно когда в проекте присутствует несколько последовательно включенных распределительных ступеней.

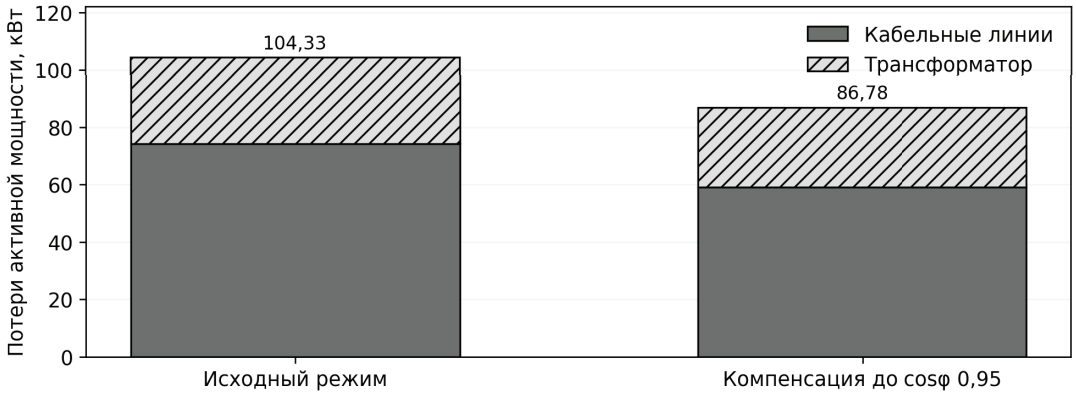

Рис. 2. **Поэлементные потери до и после локальной компенсации**

Второе направление работы связано с тепловым режимом жил. При неизменной нагрузке сопротивление медной жилы при 80 °C примерно на 23,6 % больше, чем при 20 °C. Такой результат не означает, что охлаждение кабеля на 60 °C достижимо или экономически целесообразно. Для окончательного решения нужно знать глубину заложения, тепловое сопротивление грунта, прокладку соседних кабелей и фактическую температуру, поскольку параметры определяют тепловой баланс взаимосвязанно. Замена сечения без выполнения теплового расчета также не дает обоснованного вывода о сроке службы изоляции [3, 8].

Таблица 2. **Расчетная чувствительность потерь к температуре и компенсации**

Температура жилы	Реактивная мощность	Кабельные потери	Суммарные потери
20 °C	5,000 Мвар	60,06 кВт	90,16 кВт
50 °C	5,000 Мвар	67,14 кВт	97,24 кВт
80 °C	5,000 Мвар	74,22 кВт	104,33 кВт
80 °C	2,629 Мвар	59,14 кВт	86,78 кВт

Комплексное энергосберегающее решение включает инструментальный учет по секциям и фидерам, контроль качества электрической энергии и адресную оптимизацию тех элементов, где расчет указывает на значимый расход активной мощности. До внедрения требуются проверка схемы резервирования, измерение несимметрии и гармоник, расчет токов короткого замыкания и оценка динамических процессов при пуске электродвигателей. Переключение малозагруженного трансформатора либо изменение структуры кабельных цепей не должно приниматься по одному критерию минимальных кВт, так как оставшиеся в работе аппараты могут оказаться недопустимо загруженными при отказе соседнего источника питания [5, 6, 7].

Выводы

Поэлементная модель выделенного участка 230/10,5 кВ позволяет проследить причинную связь между током, температурой кабеля, реактивным перетоком и потерями активной мощности, причем каждое числовое значение воспроизводится из открыто приведенных исходных данных. Для расчетных 8 МВт и 5 Мвар исходные потери составили 104,33 кВт, а размещение компенсатора у нагрузки с повышением коэффициента мощности до 0,95 сократило их до 86,78 кВт. Полученные 16,81 % относятся к определенной цепочке элементов и не являются измеренным снижением общестанционных потерь АЭС «Руппур». Продолжение исследования связано с сопоставлением расчетной модели с синхронными измерениями на допустимых для обследования присоединениях и с проверкой требований ядерной безопасности до изменения схем электропитания.

Литература:

1. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. М.: ЭНАС, 2009. 456 с.
2. Фурсанов М. И., Золотой А. А., Макаревич В. В. Расчет технологического расхода (потерь) электроэнергии в современных распределительных электрических сетях 0,38–10 кВ // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2018. Т. 61. № 5. С. 408–422. DOI: 10.21122/1029–7448–2018–61–5–408–422.

3. Цицонь И. И., Абдуллазянов Э. Ю., Грачева Е. И., Немировский А. Е., Valtchev S. Методика расчета температурных параметров и срока службы кабельных линий напряжением 10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2024. Т. 26. № 4. С. 65–74. DOI: 10.30724/1998–9903–2024–26–4–65–74.
4. Bangladesh Sangbad Sangstha. Rooppur plant starts supplying electricity to national grid. 17 November 2026. URL: https://www.bssnews.net/news/446914 (дата обращения: 21.11.2026).
5. International Atomic Energy Agency. Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants. IAEA Safety Standards Series No. SSG-34. Vienna: IAEA, 2016. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1673web-53477409.pdf (дата обращения: 21.11.2026).
6. International Atomic Energy Agency. Safety of Nuclear Power Plants: Design. IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 (Rev. 1). Vienna: IAEA, 2016. URL: https://www.iaea.org/publications/10885/safety-of-nuclear-power-plants-design (дата обращения: 21.11.2026).
7. International Electrotechnical Commission. IEC 60076–7:2018. Power transformers — Part 7: Loading guide for mineral-oil-immersed power transformers. Geneva: IEC, 2018. URL: https://webstore.iec.ch/en/publication/34351 (дата обращения: 21.11.2026).
8. International Electrotechnical Commission. IEC 60287–1–1:2023. Electric cables — Calculation of the current rating — Part 1–1. Geneva: IEC, 2023. URL: https://webstore.iec.ch/en/publication/68118 (дата обращения: 21.11.2026).
9. Power Grid Bangladesh PLC. Annual Report 2024–2025. URL: https://erp.pgcb.gov.bd/web/files/download?location=erp %2Fweb %2Freport_docs %2F4755.pdf&title=Annual+Report+ %28Including+Directors+Report %29+2024–2025 (дата обращения: 21.11.2026).

Влияние ионизирующего излучения на конструкционные материалы, контрольно-измерительные приборы и аппаратно-технические комплексы АЭС

Михайлов Андрей Сергеевич, студент магистратуры;
Колмаков Алексей Викторович, студент магистратуры;
Яркин Данил Сергеевич, студент магистратуры
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва)

В данной статье анализируется влияние ионизирующего излучения на конструкционные материалы, электронные компоненты контрольно-измерительной приборы и аппаратно-технические комплексы в целом. Особое внимание уделяется физическим механизмам деградации, а также специфическим радиационным эффектам в микроэлектронике.

Безопасная эксплуатация атомных электростанций (АЭС) является приоритетной задачей современной энергетики. Одним из определяющих факторов является правильный выбор материалов и оборудования в условиях непрерывного воздействия ионизирующих излучений.

Ключевые слова: *ионизирующее излучение, конструкционные материалы, контрольно-измерительные приборы, радиационная стойкость, радиационные дефекты, эффекты полной дозы, эффекты единичного события, оксид бериллия, атомная электростанция.*

Список сокращений

АЭС — Атомная электростанция
КИП — Контрольно-измерительные приборы
МОП — Металл–оксид–полупроводник (*MOS*)
ТСКРО — Технические средства контроля радиационной обстановки
ЯЭУ — Ядерная энергетическая установка
BeO — Оксид бериллия
SEE — *Single Event Effect* — эффект единичного события
SEU — *Single Event Upset* — одиночный сбой
SiO_2 — Диоксид кремния
TDE *Total Dose Effect* — эффект полной дозы

1. Механизмы воздействие на материалы

Прохождение излучения через материальную среду сопровождается различными реакциями взаимодействия, наиболее значимой является «реакция поглощения». С точки зрения физики можно выделить два основных универсальных механизма образования повреждений [1]:

Ионизационный механизм: поглощение энергии приводит к возбуждению системы электронов и образованию свободных зарядов. Данный механизм опасен для диэлектрических и полупроводниковых компонентов, работающих на поверхностной проводимости, таких как МОП-транзисторы.

Ударный механизм: в результате облучения материалов нейтронами, ионами и другими частицами приводит к смещению атомов из регулярных узлов кристаллической решетки, что ведет к созданию радиационных дефектов. Этот механизм опасен для материалов с объемной проводимостью, например, для биполярных транзисторов и металлов [3].

2. Радиационное воздействие на конструкционные материалы

Радиационное воздействие приводит к изменению структуры материалов, что сказывается на их механических, электрических и теплофизических свойствах. Стойкость материалов к таким изменениям называется радиационной стойкостью.

Металлы и сплавы. В металлах ионизация не оказывает существенного влияния на свойства. Изменения связаны с образованием дефектов по ударному механизму, накопление которых приводит к:

— **Радиационному распуханию.** Увеличение объёма материала, которое может достигать 10–20 %, под воздействием облучения из-за образования и роста пор в кристаллической решётке. [3].

— **Охрупчиванию.** Процесс ухудшения механических свойств материала, в результате которого его структура становится более хрупким и склонным к разрушению.

— **Изменению электропроводности.** Дефекты создают локальные искажения электрического потенциала. Электрон, двигаясь в металле, сталкивается с ними, что приводит к росту электрического сопротивления, а следовательно, электропроводность снижается [3].

Диэлектрики и полупроводники. Данные материалы наиболее чувствительны к ионизационному механизму:

В диэлектриках приводит к созданию паразитных электрических полей.

В полупроводниках радиационные дефекты выступают как центры рекомбинации и ловушки для носителей заряда, изменяя их концентрацию и подвижность. Перспективным материалом, при поиске радиационно-стойких диэлектриков, является оксид бериллия (*BeO*). Благодаря своей кристаллической структуре и свойствам, рассматривается как возможная замена диоксида кремния (SiO_2) в микроэлектронных компонентах [1].

Полимеры и органические материалы.

Радиационное воздействие на полимеры вызывает необратимые изменения их свойства. Стойкость полимеров зависит от наличия кислорода, который может инициировать радиационно-химическое окисление. [3].

3. Радиационные эффекты в электронных компонентах и КИП

Современная микроэлектроника, являющаяся основой систем управления и контрольно-измерительных приборов, крайне уязвима к радиации. Влияние излучений на компоненты можно разделить на несколько видов [1]:

— **Эффекты полной дозы (*TDE*):** проявляются при длительном облучении и накапливаются со временем. В МОП-структурах вызывает сдвиг порогового напряжения, увеличение токов утечки.

— **Эффекты единичного события (*SEE*):** при попадании одиночной высокоэнергетичной частицы в чувствительную область микросхемы может привести к обратимым сбоям (например, переключение бита в памяти — *SEU*) или к необратимым отказам (пробой подзатворного диэлектрика).

Особенности деградации биполярных транзисторов. Биполярные транзисторы менее чувствительны к ионизационному излучению, в отличие от МОП-структур, но сильно деградируют под действием ударного механизма. Радиационные дефекты действуют как центры рекомбинации, что снижает время жизни неосновных носителей заряда и коэффициент усиления по току [1].

4. Влияние на аппаратно-технические комплексы

Деградация отдельных компонентов напрямую влияет на работу целых систем АЭС:

— **Системы контроля и управления.** Сбои могут привести к ложным показаниям, отказу систем защиты и к аварийным ситуациям.

— **Кабельные сети.** Полимерная изоляция кабелей под воздействием ионизирующего излучения и высоких температур теряет диэлектрические свойства и охрупчивается, создавая риски коротких замыканий и пожаров.

— **Системы радиационного мониторинга.** Приборы радиационного контроля должны быть устойчивы к воздействию радиации, чтобы обеспечивать достоверную информацию. Для этого используются различные методы детектирования и разрабатываются специализированные радиационно-стойкие приборы [2].

5. Пути повышения радиационной стойкости

Для обеспечения надежной работы АЭС применяется комплекс мер, направленных на повышение радиационной стойкости компонентов [1]:

— **Выбор материалов.** Использование материалов с высокой радиационной стойкостью, например — *BeO*-керамики, специальных сталей;

— **Конструктивные решения.** Применение «закрытой» компоновки транзисторов для исключения паразитных каналов утечки;

— **Технологические процессы.** Использование ультратонких оксидных слоев, которые менее подвержены накоплению заряда;

— **Схемотехнические решения.** Применение логической избыточности для коррекции ошибок, вызванных *SEE*;

— **Экранирование.** Использование защитных экранов из тяжелых для ослабления потоков гамма-квантов и нейтронов.

Заключение

Радиационное воздействие — фундаментальный фактор, определяющий безопасность эксплуатации и надежность объектов атомной энергетики. Понимание физических механизмов деградации материалов и электронных компонентов позволяет разрабатывать радиационно-стойкие материалы, приборы и системы. Дальнейшее развитие атомной энергетики неразрывно связано с процессом создания новых материалов, а также совершенствование методов контроля и прогнозирования радиационной обстановки.

Литература:

1. Огородников И. Н., Иванов В. Ю. Радиационные воздействия излучений на материалы электронной техники. Оксид бериллия: учебное пособие. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 320 с.
2. Ластовкин В. Ф. Основы радиационной безопасности: учебное пособие. — Нижний Новгород: ННГАСУ, 2017. — 143 с.
3. Кушнер В. С. и др. Материаловедение: учебник. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. — 232 с.

Причины обрыва торсиона главного циркуляционного насоса АЭС и методы предупреждения отказов

Михайлов Андрей Сергеевич, студент магистратуры;
Колмаков Алексей Викторович, студент магистратуры;
Яркин Данил Сергеевич, студент магистратуры
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (г. Москва)

В статье рассматриваются основные причины разрушения торсиона главного циркуляционного насоса, возможные последствия отказа и методы повышения надежности данного оборудования. Особое внимание уделено диагностике технического состояния, контролю вибрации и профилактическому техническому обслуживанию.

Ключевые слова: *атомная электростанция, главный циркуляционный насос, торсион, усталостное разрушение, вибрация, диагностика, надежность оборудования.*

Список сокращений

АЭС — Атомная электростанция
ГЦН — главный циркуляционный насос

Введение

Главные циркуляционные насосы являются важными элементами реакторной установки атомной электростанции. Они обеспечивают принудительную циркуляцию теплоносителя через активную зону реактора. Надежность работы ГЦН непосредственно связана с безопасностью и устойчивостью функционирования энергоблока.

Одним из возможных повреждений элементов насосного агрегата является обрыв торсиона — детали, предназначенной для передачи крутящего момента и работы в условиях механических нагрузок. Разрушение торсиона может привести к нарушению передачи вращения, отключению насоса и изменению параметров циркуляции теплоносителя. Поэтому предупреждение подобных отказов имеет важное значение для обеспечения безопасной эксплуатации АЭС.

1. Основные причины обрыва торсиона

Одной из наиболее существенных причин разрушения торсиона является усталость металла. При длительной эксплуатации деталь подвергается многократным циклам нагружения, вследствие чего в материале могут возникать микротрещины. Постепенное развитие трещины приводит к уменьшению рабочего сечения и последующему разрушению элемента.

Дополнительным фактором риска является нарушение центровки валов электродвигателя и насоса. При расцентровке возникают дополнительные изгибные нагрузки, которые увеличивают напряжения в отдельных участках торсиона, особенно в зонах концентрации напряжений, например в шлицевых соединениях. Подобный механизм повреждения описан при анализе отказа ГЦН на Нововоронежской АЭС в 1999 году [1].

К другим возможным причинам относятся дефекты материала и изготовления, повреждение поверхности, износ сопрягаемых деталей, повышенная вибрация и неблагоприятные переходные режимы работы. При этом конкретную причину разрушения необходимо устанавли-

вать по результатам обследования поврежденной детали, анализа эксплуатационных данных и технической документации.

2. Методы предупреждения и устранения проблемы

Основным направлением борьбы с обрывами торсиона является своевременное выявление дефектов до момента их развития до критического состояния. Для этого необходимо применять комплексный подход, включающий следующие мероприятия.

Во-первых, следует контролировать вибрационное состояние насосного агрегата. Изменение уровня вибрации, появление нетипичных составляющих спектра и отклонения частоты вращения могут свидетельствовать о развитии неисправностей. Однако эти признаки не являются однозначным подтверждением повреждения торсиона и должны оцениваться совместно с другими параметрами.

Во-вторых, необходимо регулярно проверять центровку валов и состояние соединительных элементов. При выявлении отклонений выполняются предусмотренные эксплуатационной документацией корректирующие работы. Особое внимание следует уделять шлицевым участкам и другим зонам концентрации напряжений.

В-третьих, при плановых ремонтах необходимо проводить визуальный и измерительный контроль, а при наличии соответствующих показаний — неразрушающий контроль металла. Методы контроля выбираются с учетом конструкции детали и требований нормативной документации. Поврежденный торсион подлежит оценке специалистами; возможность его дальнейшего использования определяется установленными критериями приемки.

Дополнительную эффективность обеспечивает анализ истории эксплуатации: числа пусков и остановов, переходных режимов, зарегистрированных вибрационных отклонений и ранее выявленных дефектов. Сопоставление этих данных позволяет выявлять повторяющиеся причины отказов и обоснованно корректировать программу технического обслуживания.

Заключение

Обрыв торсиона ГЦН представляет собой серьезный отказ механического оборудования, который может быть обусловлен усталостным разрушением металла, расцентровкой валов и другими эксплуатационными или конструктивными факторами. Наиболее эффективный способ предупреждения таких повреждений — сочетание вибрационной диагностики, контроля центровки, неразрушающего контроля и анализа эксплуатационных данных.

Внедрение систематического контроля технического состояния позволяет своевременно обнаруживать признаки деградации оборудования, планировать ремонтные мероприятия и повышать надежность работы главных циркуляционных насосов. Все решения по эксплуатации и ремонту должны приниматься в соответствии с проектной и эксплуатационной документацией, действующими нормативными требованиями и установленными на АЭС процедурами обеспечения безопасности.

Литература:

1. Аркадов Г. В., Филаткин В. Н. Системы диагностирования ВВЭР. — М.: Энергоатомиздат, 2019.
2. Баданин Е. Ю., Дрозденко В. А. Диагностика и анализ вибрационного состояния ГЦН энергоблока БН-600 // Известия вузов. Ядерная энергетика. — 2005. — № 2
3. Опыт эксплуатации стационарных систем технического диагностирования на Нововоронежской АЭС // Энергонадзор. — 2021. — № 4.
4. Вереземский В. Г. Вибрация как фактор, способствующий растрескиванию холодных коллекторов ПГВ-1000 // Атомная энергия. — 1997. — Т. 83, вып. 1

Обзор методов оценки качества бетонных и железобетонных конструкций при предпроектных работах

Рылько Никита Михайлович, студент магистратуры
Уфимский государственный нефтяной технический университет

В статье рассмотрены методы оценки качества бетонных и железобетонных конструкций, применяемые при подготовке проектов реконструкции и капитального ремонта зданий и сооружений. Сопоставлены информативность и ограничения испытаний кернов, механического и ультразвукового контроля, SonReb и определения параметров армирования. Показано, что при выборе программы обследования решающими являются представительность контрольных участков, корректность градуировки и значение измеряемого параметра для поверочного расчёта. Предложена последовательность выбора методов с учётом достоверности и допустимого вмешательства в конструкции.

Ключевые слова: *предпроектное обследование, железобетонные конструкции, прочность бетона, неразрушающий контроль, ультразвуковой метод, упругий отскок, оптимизация обследования.*

Железобетонные здания второй половины XX века нередко имеют неоднородный бетон, локальные повреждения и отклонения армирования от проектных данных. Даже у однотипных колонн прочность и состояние защитного слоя могут различаться из-за условий бетонирования, увлажнения и ремонта. Поэтому результаты нескольких измерений нельзя автоматически распространять на всё здание. Прежде всего требуется установить, какие элементы определяют несущую способность и какие характеристики необходимы для их поверочного расчёта.

Эту задачу решает предпроектное обследование, требования к которому установлены ГОСТ 31937–2024 [1]. Основная трудность состоит в выборе объёма испытаний: прямые методы требуют вмешательства в конструкцию, а косвенные позволяют охватить больше участков, но зависят от градуировки. Поэтому программу следует формировать не по скорости работы прибора, а исходя из состояния элементов, необходимой точности и последующего использования результатов. Опорные сведения о прочности получают при испытании образцов бетона, отобранных из конструкций, по ГОСТ 28570–2019 [2]. Однако лабораторная точность не гарантирует аналогичные характеристика керна для всего здания. Образец из сухого участка не всегда характеризует увлажняемые колонны подвала. Поэтому места отбора назначают с учётом дефектов и конструктивной схемы, предварительно уточнив положение арматуры и допустимость локального вмешательства.

Чтобы не увеличивать количество кернов без необходимости, их испытания дополняют механическим контролем. ГОСТ 22690–2015 регламентирует методы упругого отскока, ударного импульса и отрыва со скалыванием [3]. Первые два позволяют быстро обследовать большую поверхность, но чувствительны к состоянию верхнего слоя. Например, карбонизация повышает показатель отскока, не обеспечивая сопоставимого роста прочности бетона в глубине элемента, а отрыв со скалыванием сопровождается локальным повреждением. Поэтому, как отмечает в статье А. В. Улыбина, метод следует выбирать применительно к состоянию сооружения, а не только возможностям оборудования [4].

При ультразвуковом контроле возникает другая зависимость от условий обследования. ГОСТ 17624–2021 связывает определение прочности со скоростью распространения импульса и градуировочной зависимостью [5]. На скорость влияют влажность, трещины и схема прозвучивания. Следовательно, одинаковые показания в сухой колонне и увлажнённом элементе ещё не означают одинаковую прочность. Сопоставление результатов ультразвука и механических испытаний должно учитывать эти различия.

Различная чувствительность измерений к состоянию бетона стала основанием для применения SonReb — сочетания упругого отскока и ультразвуковой скорости. D. Breysse показывает, что использование нескольких физических признаков может повысить достоверность оценки прочности [6]. Однако такое преимущество возникает не автоматически: если ультразвуковой показатель слабо связан с прочностью данного бетона, второй параметр лишь усложняет градуировочную зависимость.

Этот вывод подтверждается обзором B. Kouddane и соавторов: точность SonReb зависит от состава бетона и условий измерения [7]. Поэтому сравнивать методы следует по ошибке прогноза на участках, не участвовавших в построении модели. Высокая корреляция на обучающих данных сама по себе не доказывает пригодности зависимости для другой конструкции. Тем самым вопрос сводится не к количеству используемых приборов, а к проверяемой надёжности результата.

Не менее важен выбор опорных точек. M. Alwash и соавторы показали влияние отбора кернов на надёжность оценки прочности по отскоку [8]. Если они взяты только из сходных по состоянию участков, массовые косвенные измерения не устранят ошибки градуировки. Рекомендации RILEM также предусматривают учёт неопределённости оценки прочности существующих конструкций [9]. Следовательно, комбинированный контроль оправдан лишь тогда, когда его преимущество установлено на проверочных данных.

При этом прочность бетона остаётся лишь одной характеристикой качества железобетонного элемента. Для поверочного расчёта необходимы также параметры армирования, толщина защитного слоя, геометрия и повреждения. Магнитный метод по ГОСТ 22904–2023 помогает определить расположение стержней и защитный слой [10], но при плотном армировании может потребоваться выборочное вскрытие. По этой причине контроль прочности и обследование арматуры следует планировать совместно: положение стержней важно знать ещё до отбора керна.

Этим определяется последовательность обследования. После изучения документации и визуального осмотра, конструкции разделяют на группы по состоянию и условиям эксплуатации. Затем следует назначать опорные испытания, выполнять косвенный контроль и уточнять участки с расхождениями показаний. Оценку прочности проводят с учётом ГОСТ 18105–2018 [11]. Такой порядок исключает необоснованное усреднение результатов по всему зданию и позволяет сосредоточить дополнительные измерения в наиболее ответственных зонах.

При выборе программы нужно сопоставлять не только стоимость испытаний, но и их трудоёмкость и достоверность. Сокращение числа кернов не является опти-

мизацией, если из-за него возрастает риск ошибочного решения об усилении. По той же причине SonReb не обязательно применять повсеместно. Таким образом, универсального метода оценки качества бетонных и железобетонных конструкций нет. Керны обеспечивают опорные данные, механический и ультразвуковой контроль расширяют охват, а определение параметров армирования дополняет сведения о несущих элементах. Для предпроектных работ рационален поэтапный подход: выявление различий между конструкциями, выбор опорных испытаний, проверка градуировки и уточнение проблемных зон. Его эффективность определяется не минимальным числом измерений, а достаточностью и достоверностью данных для проектирования.

Литература:

1. ГОСТ 31937–2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
2. ГОСТ 28570–2019. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций.
3. ГОСТ 22690–2015. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.
4. Улыбин А. В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений // Инженерно-строительный журнал. — 2011. — № 4 (22). — С. 10–15. DOI: 10.5862/MCE.22.1.
5. ГОСТ 17624–2021. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. — Введ. 01.09.2022.
6. 6. Breysse D. Nondestructive evaluation of concrete strength: An historical review and a new perspective by combining NDT methods // Construction and Building Materials. — 2012. — Vol. 33. — P. 139–163. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2011.12.103.
7. Kouddane B., Sbartaï Z. M., Alwash M. et al. Assessment of Concrete Strength Using the Combination of NDT–Review and Performance Analysis // Applied Sciences. — 2022. — Vol. 12, № 23. — Art. 12190. DOI: 10.3390/app122312190.
8. Alwash M., Breysse D., Sbartaï Z. M., Szilágyi K., Borosnyói A. Factors affecting the reliability of assessing the concrete strength by rebound hammer and cores // Construction and Building Materials. — 2017. — Vol. 140. — P. 354–363. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.02.129.
9. Breysse D., Balayssac J.-P., Biondi S. et al. Recommendation of RILEM TC249-ISC on non destructive in situ strength assessment of concrete // Materials and Structures. — 2019. — Vol. 52. — Art. 71. DOI: 10.1617/s11527–019–1369–2.
10. ГОСТ 22904–2023. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры.
11. ГОСТ 18105–2018. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.

АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений в условиях Крайнего Севера

Вольская Виктория Владимировна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

При строительстве в условиях Крайнего Севера необходимо учитывать множество факторов, влияющих на выбор технологии возведения зданий и сооружений. Строители арктических регионов сталкиваются с рядом проблем: от многолетнемерзлого грунта, требующего особого внимания при устройстве фундамента, до погодных условий, ограничивающих сроки выполнения работ. Цель работы — изучить и проанализировать особенности проектирования и строительства зданий и сооружений в условиях Крайнего Севера.

Ключевые слова: *строительство, Крайний Север, проектирование зданий и сооружений, многолетнемерзлый грунт.*

Введение

Низкие температуры, снеговые и ветровые нагрузки, удалённость строительных площадок от материально-технических баз осложняют возведение зданий на Крайнем Севере, при этом разные ограничения действуют на разных стадиях [1, 2]. Свойства грунта определяют, какое основание можно запроектировать, а погода и условия доставки определяют когда и каким способом можно выполнить предусмотренные работы. В статье эти вопросы рассмотрены на примере отапливаемого здания. В основу анализа положены опубликованные работы и требования сводов правил [1–4].

Проектирование оснований и фундаментов

По результатам инженерных изысканий определяют состав и температуру грунтов, оценивают их льдистость и условия сезонного оттаивания. На этих данных основывается выбор принципа использования грунтов. СП 25.13330.2020 предусматривает два варианта. При принципе I грунты основания используют в мерзлом состоянии. При принципе II основание работает в оттаянном или оттаивающем состоянии, а при расчёте учитывают деформации. Выбор зависит от условий площадки, особенностей сооружения и результатов сравнения вариантов [3, п. 6.1].

Если принято решение о сохранении грунта в мерзлом состоянии, следует заранее определить, как ограничить поступление тепла от здания. Одним из вариантов является проветриваемое подполье. По условиям площадки и результатам расчёта могут потребоваться и устройства сезонного охлаждения грунтов [3, разд. 6]. Для отапливаемого здания важно согласовать готовность этих решений с началом отопления, например, если часть подполья временно закрывают на время отделочных работ, необходимо проверить, как это отразится на принятом температурном режиме.

Организация строительных работ

Удалённость площадки влияет на последовательность поставок, так как чем выше заводская готовность конструкций, тем меньше операций остаётся выполнить на объекте [2]. Нужно заранее проверить, как элементы будут доставлены, где их можно разместить и в какой очередности подавать на монтаж. Если места для складирования мало, поставку следует согласовать с очередностью монтажа по захваткам. График тоже должен учитывать периоды, когда из-за ветра монтажные работы могут приостанавливаться.

Отдельного планирования требуют бетонные работы при отрицательных температурах. До укладки смеси определяют способ выдерживания бетона, порядок контроля температуры и условия, при которых можно переходить к следующим работам [4, п. 5.11]. На примере фундамента это означает, что между его устройством и нагружением необходимо предусмотреть время на достижение требуемых показателей, а сократить сроки можно за счёт заблаговременной подготовки оборудования и поставок материалов.

Контроль основания при переходе к эксплуатации

Для отапливаемого здания, запроектированного по принципу I, контроль состояния основания целесообразно начинать до запуска постоянного отопления. К этому моменту нужно знать исходную температуру грунта и поло-

жение конструкций, с которыми будут сравниваться результаты дальнейших наблюдений. Эксплуатационные требования к основаниям и фундаментам на многолетнемёрзлых грунтах установлены СП 497.1325800.2020 [5].

При передаче объекта эксплуатирующей организации предлагается объединить в одном комплекте схему точек наблюдения, исходные измерения и сведения о работе устройств, предусмотренных для поддержания расчётной температуры грунта, например, температурный замер имеет смысл записывать вместе с номером скважины и глубиной измерения. И если впоследствии на том же участке отмечено изменение температуры или отметок конструкций, то можно будет восстановить исходные условия и проследить динамику.

Отдельного внимания требуют работы, которые могут изменить условия, принятые при проектировании. Устройство пандуса, изменение отметок отмостки или размещение оборудования в подполье следует рассматривать с учётом их влияния на движение поверхностных вод и воздухообмен. Если после благоустройства талая вода стала скапливаться у здания, это обстоятельство следует зафиксировать и учесть при анализе наблюдений. В первую очередь имеет смысл обследовать участок, где изменение условий совпадает по месту и времени с изменением температуры грунта или положения конструкций.

Такой порядок можно учесть ещё при организации строительных работ, например, доступ к местам измерений следует проверить до закрытия конструкций или окончания благоустройства. Когда измерительная точка попадает в зону последующих работ, тогда порядок доступа или защиты согласуют заранее. При сдаче объекта обозначения точек на исполнительной схеме и в журналах наблюдений должны совпадать, а при обследовании можно проверить, на каком участке и при каких условиях было зафиксировано отклонение.

Вывод

При строительстве на Крайнем Севере проект основания и график производства работ необходимо увязывать уже на стадии подготовки площадки. Для здания с сохранением мерзлого состояния грунтов особое значение имеют подготовка основания к нагружению, готовность мер по регулированию его температуры и сроки запуска отопления. И эти условия следует проверять при изменении очередности работ.

Литература:

1. Вешняков, Д. И. Особенности условий строительства зданий и сооружений на территории Крайнего Севера / Д. И. Вешняков // Молодой ученый. — 2022. — № 12 (407). — С. 36–37.
2. Родиков, Р. Ю. Тенденции строительства в условиях Крайнего Севера / Р. Ю. Родиков, И. А. Бляшкин // Молодой ученый. — 2023. — № 22 (469). — С. 104–106.
3. СП 25.13330.2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах (с изм. № 1–3).
4. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции.
5. СП 497.1325800.2020. Основания и фундаменты зданий и сооружений на многолетнемерзлых грунтах. Правила эксплуатации.

Реновация опорных городов Ямало-Ненецкого автономного округа в рамках стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации

Вольская Виктория Владимировна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Территории Арктической зоны имеют стратегическое значение для России. Здесь сосредоточены ресурсы углеводородов, а изменение ледовых условий влияет на возможности судоходства. Для освоения труднодоступных районов Крайнего Севера необходима развитая сеть населённых пунктов. Цель исследования — проанализировать предпосылки развития Арктической зоны РФ и планы развития опорных городов ЯНАО, а также предложить меры по реновации выбранных населённых пунктов.

Ключевые слова: *реновация городов, развитие Арктической зоны РФ, города Ямало-Ненецкого автономного округа.*

Введение

Значение российской Арктики определяется её ресурсной базой и положением на трассе Северного морского пути. В Стратегии развития Арктической зоны до 2035 г. изменение климата рассматривается одновременно как источник новых возможностей для хозяйственной деятельности и как фактор риска [1, п. 4]. Освоение территорий

требует развития городов, через которые организуются перевозки, обеспечивается работа предприятий и предоставляются услуги населению. В федеральный перечень опорных территорий на Ямале включены Новый Уренгой, Ноябрьск и агломерация Салехард-Лабытнанги [2].

В работе сопоставлены мероприятия долгосрочных планов этих территорий, утверждённых распоряжением Правительства РФ от 27 октября 2025 г. № 3014-р [3, прил. 3–5]. Так же для каждой территории рассмотрено, какие проекты следует увязать между собой, чтобы результат был заметен в повседневной жизни жителей.

Направления реновации опорных территорий

В агломерации Салехард-Лабытнанги транспортный раздел мастер-плана разработан на основе анализа действующих связей и ограничений [4]. Федеральным планом предусмотрены мостовой переход через Обь в составе проекта Северного широтного хода и реновация исторического центра Салехарда [3, прил. 3, разд. IV]. Для этих мероприятий предлагается рассчитать полное время поездки из жилых районов Лабытнанги до центра Салехарда. В расчёт следует включить ожидание транспорта и пересадки, что поможет определить, где изменение маршрута или расположения остановки даст дополнительный эффект от развития транспортной инфраструктуры.

В Ноябрьске в план включены реконструкция аэропорта, создание промышленно-логистического парка и благоустройство «Ноябрьск-парка» [3, прил. 4, разд. IV]. У каждого объекта свой тип поездок: пассажирские, грузовые, повседневные прогулочные. Для логистического парка предлагается проверить, где грузовые подъезды пересекаются с маршрутами жителей, а для общественного пространства стоит проверить подходы от остановок и жилых кварталов, в том числе зимой. Приведенные условия можно учесть при согласовании схемы движения и планов содержания территории.

В Новом Уренгое долгосрочный план включает строительство арендного и коммерческого жилья, создание промышленно-логистического парка «Коротчаево», строительство взрослой поликлиники и участковой больницы [3, прил. 5, разд. III–IV]. Для этой территории предлагается сопоставить плановые сроки заселения жилья с вводом социальных объектов и запуском маршрутов. Для примера, на каждой очереди застройки можно установить, какое медицинское учреждение будет доступно на момент заселения и сколько времени займёт поездка до него, тогда результат проверки поможет определить, нужно ли изменить маршрут до начала работы нового учреждения.

Оценка доступности объектов по завершении работ

Для сравнения результатов реновации можно выбрать несколько контрольных маршрутов на каждой территории — начальную точку следует привязать к жилому кварталу, а конечную ко входу в учреждение или общественное пространство. Время подхода, ожидания, пересадки и движения рекомендуется учитывать отдельно. Тогда сможем увидеть на каком участке маршрута произошло изменение, а затем какой мерой его можно объяснить.

Для Салехарда-Лабытнанги целесообразно оценивать поездки между берегами в разные сезоны. Сравнение проводится от одной и той же точки отправления до одного и того же объекта, если продолжительность переезда сократилась, а общее время поездки изменилось мало, нужно отдельно проверить расписание и время ожидания на пересадке. Чтобы оценить предлагаемые изменения достаточно начать с маршрутов, по которым жители ездят в учреждения или к основным пересадочным остановкам.

В Ноябрьске для подходов к парку можно фиксировать участки, где зимнее содержание влияет на возможность пройти по обычному маршруту, например, после снегопада короткий подход от остановки закрывается снежным валом, в замере учитывается фактический обход. Так можно понять где для улучшения доступности достаточно изменить схему уборки снега, а где нужно обустроить дополнительный проход.

В Новом Уренгое контрольную дату стоит привязывать к заселению каждой очереди жилья, а на нее уже фиксируются действующие маршруты и учреждения, доступные жителям. При открытии нового объекта замер можно повторить по тому же маршруту или по новому маршруту до ближайшего учреждения. Когда до нового объекта можно добраться только с пересадкой, можно сопоставить расписания и оценить время ожидания в часы приёма. Таким образом, определим, требуется ли корректировка маршрута до ввода следующей очереди жилья.

Вывод

Для Салехарда и Лабытнанги важна связность двух берегов Оби, для Ноябрьска важна организация пассажирских, грузовых и пешеходных маршрутов, для Нового Уренгоя — согласование ввода жилья и объектов обслуживания. Можно фиксировать доступность выбранных объектов до и после реализации мероприятий, сопоставляя одни и те же маршруты в одинаковых сезонных условиях, чтобы оценить результат.

Литература:

1. Указ Президента РФ от 26.10.2020 № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года».
2. Распоряжение Правительства РФ от 28.11.2023 № 3377-р. Перечень опорных населённых пунктов Арктической зоны РФ. Ямало-Ненецкий автономный округ.

3. Распоряжение Правительства РФ от 27.10.2025 № 3014-р. Долгосрочные планы развития агломераций до 2035 года. — Прил. 3–5.
4. Мастер-план агломерации Салехард — Лабытнанги. Раздел «Транспортная инфраструктура» / Лабград. — 2024.

Цифровые технологии BIM и ГИС в управлении дорожным строительством

Гузеева Валерия Юрьевна, студент магистратуры
Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова

В статье рассматриваются возможности применения технологий BIM и ГИС в управлении дорожным строительством, их совместное использование и влияние на качество проектирования, планирования и контроля работ.

Ключевые слова: *дорожное строительство, BIM, ГИС, цифровизация, информационное моделирование.*

Дорожное строительство включает множество взаимосвязанных процессов: обследование территории, проектирование трассы, подготовку основания, устройство дорожной одежды, монтаж инженерных систем и организацию движения. На каждом этапе используются большие объёмы информации: геодезические измерения, данные о рельефе и грунтах, проектные чертежи, сметы, календарные планы, сведения о материалах и результатах контроля качества. Если эти сведения хранятся в разных форматах и обновляются независимо друг от друга, участникам проекта становится сложнее оперативно получать целостную картину.

BIM и ГИС помогают объединить данные и сделать управление дорожным проектом более прозрачным. BIM ориентирован прежде всего на описание объекта и его элементов, а ГИС — на пространственные данные и территориальный контекст. Эти технологии не заменяют инженерные расчёты и профессиональные решения, но дают инструменты для их согласования и проверки.

BIM — это подход к созданию и использованию цифровой информационной модели объекта. В дорожной отрасли модель может включать трассу, земляное полотно, слои дорожной одежды, мосты и путепроводы, водоотводные сооружения, освещение, дорожные знаки, коммуникации и другие элементы.

В отличие от набора отдельных чертежей, модель связывает геометрию объектов с их характеристиками. Например, для элемента дорожной одежды можно указать тип материала, толщину слоя, требования к качеству, предполагаемый объём и этап строительства. Такие сведения упрощают поиск информации и помогают участникам проекта работать с согласованными данными.

BIM может применяться на разных этапах жизненного цикла дороги:

При проектировании — для разработки вариантов трассировки, подготовки продольного и поперечных профилей, проверки взаимного расположения элементов и выявления коллизий.

При планировании строительства — для связывания модели с календарным графиком и последовательностью работ. Такой подход называют 4D-моделированием.

При оценке стоимости — для определения объёмов работ и связи элементов модели с затратами; это направление часто обозначают как 5D-моделирование.

При строительном контроле — для сопоставления проекта с фактическим ходом работ и фиксации изменений.

При эксплуатации — для передачи сведений о построенных объектах, материалах, гарантийных обязательствах и проведённом ремонте.

Практическая ценность BIM зависит от качества исходных данных и согласованности работы участников. Если проектировщики, подрядчики и заказчик используют разные правила именования элементов, уровни детализации и способы обновления модели, цифровая среда может оказаться неполной или противоречивой. Поэтому важны единые требования к составу информации, процедурам проверки и обмену данными.

ГИС может объединять сведения о рельефе, гидрографии, землепользовании, границах участков, существующих дорогах, инженерных сетях, природоохранных зонах и населённых пунктах. Это позволяет анализировать условия, в которых будет строиться дорога, и учитывать ограничения ещё до начала работ.

К основным задачам ГИС в дорожном проекте относятся:

1) анализ территории и выбор возможного коридора трассы;

2) сопоставление проектируемой дороги с существующей транспортной сетью;

3) выявление пересечений с коммуникациями и ограниченными зонами;

Пространственный анализ особенно полезен на ранних этапах. Например, при сравнении вариантов трассы можно учитывать рельеф, водные объекты, существующую застройку и природные ограничения. Это

не означает, что система самостоятельно выбирает оптимальный вариант: ГИС помогает структурировать информацию и сравнить альтернативы, а окончательное решение принимают специалисты с учётом технических, экономических и экологических требований.

Интеграция требует решения нескольких технических и организационных задач. Данные должны иметь корректную систему координат, согласованные форматы и понятные правила обновления. Если координаты модели и карты заданы по-разному, элементы могут отображаться со смещением. Кроме того, важно определить, какая система считается источником достоверных данных для каждого типа информации и кто отвечает за её актуализацию.

Согласованность проектных решений. Общая цифровая среда облегчает обмен сведениями между заказчиком, проектировщиком, подрядчиком и службами контроля. Это снижает вероятность использования устаревших чертежей или несогласованных данных.

Повышение качества планирования. Связь модели с графиком работ помогает визуально представить последовательность строительства, оценить этапность и выявить потенциальные конфликты между операциями.

Контроль объёмов и изменений. При корректно подготовленной модели проще отслеживать, какие элементы изменились и как это может повлиять на смету или сроки. Однако расчёты всё равно требуют проверки по установленным правилам и исходным документам.

BIM и ГИС становятся важными инструментами цифрового управления дорожным строительством. BIM формирует структурированное описание инженерного объекта, а ГИС связывает его с территорией и пространственными ограничениями. Их совместное применение способствует более согласованному проектированию, планированию и контролю работ, а также помогает подготовить сведения для эксплуатации дороги.

Однако технологии сами по себе не решают управленческие проблемы. Для получения результата необходимы надёжные исходные данные, единые правила работы, компетентные специалисты и чёткое распределение ответственности. При таких условиях цифровые модели и пространственные данные становятся не просто визуализацией проекта, а основой для более обоснованных решений на протяжении всего жизненного цикла дорожной инфраструктуры.

Литература:

1. Бойков, В. Н. Информационное моделирование автомобильных дорог. МАДИ, 2021.
2. Скворцов, А. В. BIM для дорожной отрасли: от теории к практике. САПР-Альфа, 2022.
3. Поляков, С. А. Автоматизированные системы управления дорожной техникой. Энергия, 2020.

Анализ существующих способов подачи бетонной смеси на строительной площадке

Дунаева Вероника Павловна, студент магистратуры
Научный руководитель: Давиденко Анна Юрьевна, кандидат технических наук, доцент
Самарский государственный технический университет

В статье рассмотрены основные методы подачи бетонной смеси к месту укладки при возведении монолитных зданий. На основании анализа этих методов определены эффективные области применения для каждого из методов в зависимости от объемов работ, их конструктивной составляющей и высоты бетонирования, а также сделаны выводы о том, что выбор способа подачи является ключевым фактором, определяющим организацию технологического процесса и качество монолитных конструкций.

Ключевые слова: *монолитное строительство, подача бетонной смеси, бадья, бункер, бетононасос, автобетононасос, бетоновод, виброжелоб, ленточный конвейер, распределительная стрела.*

Производство бетонных работ при возведении монолитных зданий представляет собой комплекс взаимосвязанных технологических процессов, которые состоят из приготовления бетонной смеси, ее транспортировки на строительную площадку, подача к месту укладки, распределение, уплотнение и последующий уход за бетонной смесью.

К методам подачи готовой бетонной смеси к месту укладки относят:

1. Подача краном в бадьях (бункерах);
2. Подача по лоткам, желобам и ленточными конвейерами;
3. Подача бетононасосом;
4. Подача бетононасосом через бетоновод;

5. Подача с использованием распределительной стрелы;

Разберем принцип работы каждого указанного метода, их особенности и области применения.

Метод подачи краном в бадьях (бункерах)

Данный метод является одним из традиционных способов подачи бетонной смеси с использованием грузоподъемных механизмов — башенных, автомобильных, гусеничных или других кранов. Доставленную бетонную смесь на строительную площадку разгружают на объекте в бадьи (бункеры) и подают к месту укладки с помощью кранов. Бетонная смесь при этом перемещают вертикально и горизонтально, что обеспечивает возможность ее подачи непосредственно в конструкции. [1]

Бадьи бывают поворотные и неповоротные. Поворотная бадья представляет собой сварную емкость, состоящую из жесткого корпуса, затвора и рычага, иногда также на корпус закрепляют вибратор. При подъеме краном бадью стропуют за петли на боковой поверхности, что обеспечивает плавное поднятие бадьи и перевод ее в вертикальное положение. В таком положении также происходит и разгрузка бетонной смеси путем раскрытия рычагом затвора в нижней части корпуса. Стандартные объемы бадьи полезной вместимостью 0,3, 0,6 и 0,8 м3. Неповоротные бадьи также представляют из себя сварную емкость, однако в отличие от поворотной она подается под загрузку и разгрузку исключительно в вертикальном положении. Такие бадьи используют в тех случаях, когда необходимо подавать бетонную смесь небольшими порциями в опалубку и узкой струей, например, при бетонировании колонн, узких стен и перегородок. Вместимость такой бадьи варьируется от 0,5 до 2 м^3. [1]

Метод подачи краном в бадьях удобен тем, что бетонную смесь можно подать практически в любую зону, доступную крану, также этот способ удобен при небольшом объеме бетонирования конструкций и в конструкциях сложной конфигурации, однако при больших объемах бетонирования данный метод не эффективен, так как привязан к продолжительности одного рабочего цикла крана (время загрузки бадьи, время подъема и перемещения, время установки бадьи, разгрузки и возврата к месту приемки), также необходимость выполнять краном другие строительные процессы, такие как монтаж опалубки и арматуры, может привести к простою других рабочих процессов.

Метод подачи по лоткам, желобам и ленточными конвейерами

Данные методы используются для перемещения бетонной смеси на небольшие расстояния или спуска смеси на глубину (высота сбрасывания бетонной смеси не должна превышать 3 м). Виброжелоба применяют при вы-

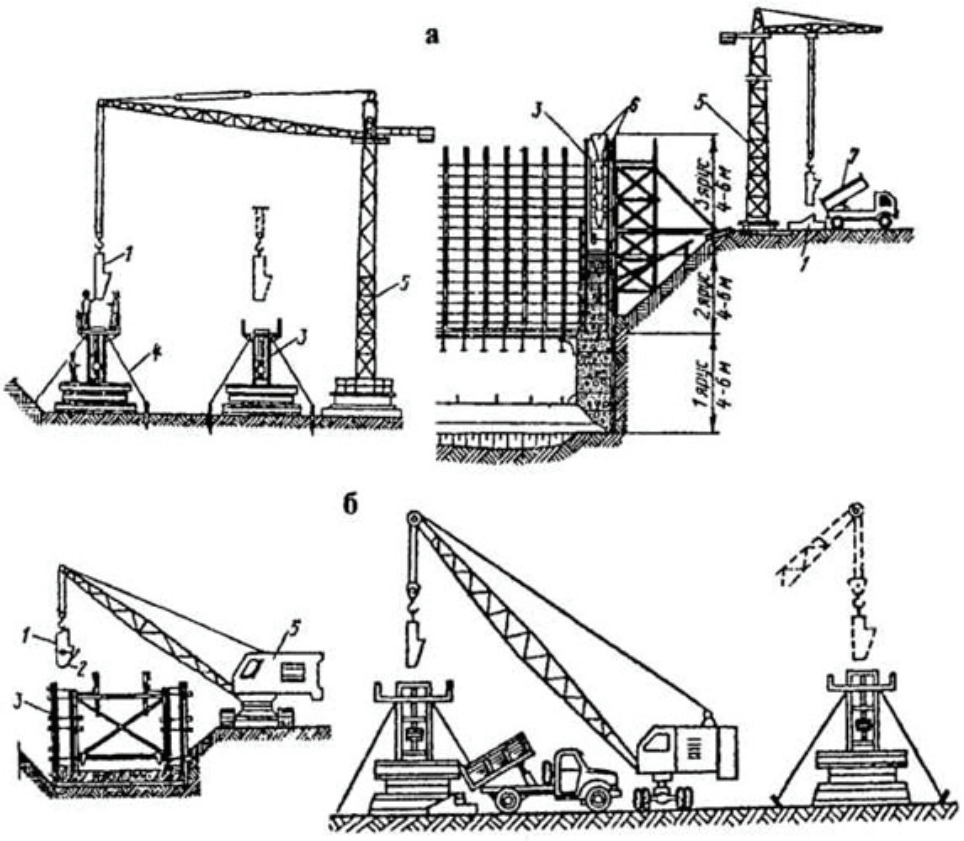

Рис. 1. **Подача бетонной смеси бадьей с помощью кранов: а — башенным краном; б — стреловым краном; 1 — бадья; 2 — затвор; 3 — опалубка; 4 — растяжки; 5 — кран; 6 — звеньевой хобот: 7 — самосвал**

сотах опускания смеси до 10 м, ленточные конвейеры — до 4 м, при большей глубине используют виброхоботы. [1]

Принцип работы методов подачи по лоткам, желобам основан на подаче бетонной смеси под действием силы тяжести и/или вибрации. Подачу бетонной смеси осуществляют по следующей схеме: выгружают бетонную смесь с автобетоносмесителя в вибропитатель с последующей выгрузкой в виброжелоба или вибролотки. Вибропитатель представляем собой треугольный в плане ящик, оборудованный вибратором, его устанавливают наклонно на 5…10° в сторону бетонируемой конструкции, выходной проем вибропитателя оборудован секторным затвором куда прикрепляют виброжелоба длиной 4–6 м. Желоба в свою очередь крепят к инвентарным стойкам на пружинных подвесках. Угол наклона виброжелобов к горизонту принимают 5…30° в зависимости от подвижности бетонной смеси, оптимально применять смеси подвижностью 4…12 см. Слишком подвижную смесь использовать не целесообразно, так как она будет выплескиваться через борта лотков или желобов и также может возникнуть расслаивание бетонной смеси. Темп укладки при таком методе может достигать 30 м3/ч. [1]

Данный метод чаще всего применяют для бетонирования большого объема конструкций, расположенных ниже уровня земли, например, для бетонирования фундаментов, полов, гидротехнических сооружений.

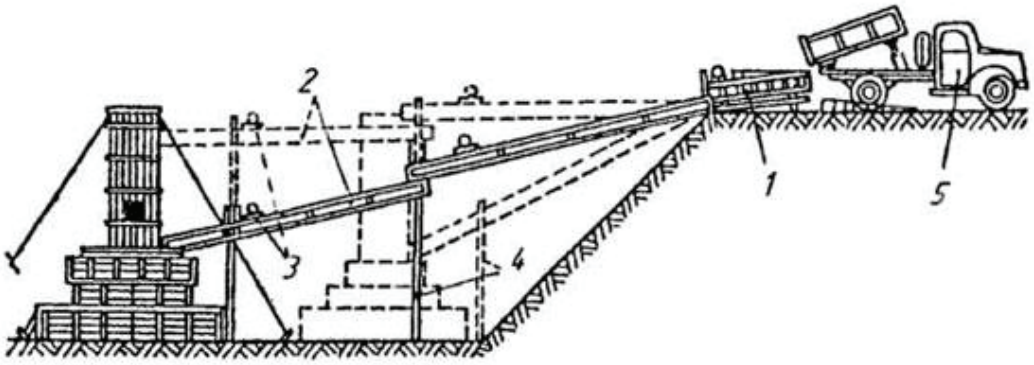

Рис. 3. **Подача смеси по виброжелобам: 1 — приемный бункер; 2 — бетонолитный желоб; 3 — вибраторы; 4 — опоры; 5 — автосамосвал**

Применение ленточных конвейеров отличается от метода подачи лотками и желобами углом наклона: при подъеме смеси используют угол до 18°, а при спуске — менее 12°, скорость движения смеси не должна превышать 1 м/с, также при выгрузке с конвейера во избежание расслоения применяют направляющие щитки или воронку. Также для бетонирования в стесненных условиях и подачи смеси на 200–300 м используют ленточные транспортеры, производительностью 40…70 м3/ч. Недостаток данного метода заключается в том, что конвейер является стационарной конструкцией и для его перестановки требуются дополнительные трудозатраты и соответственно перерыв в бетонировании. [1]

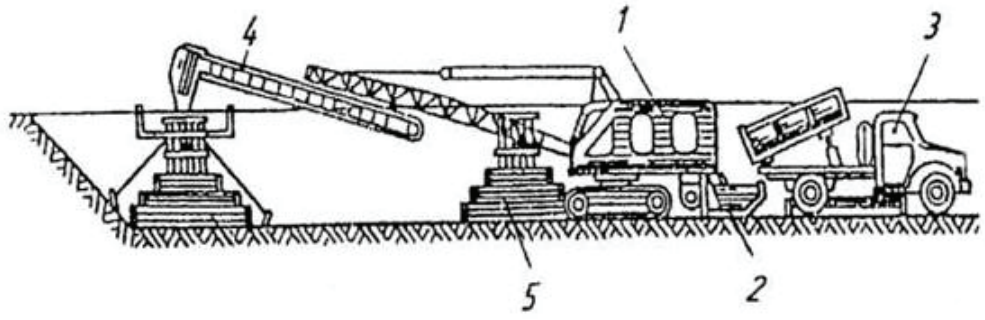

Рис. 3. **Подача смеси ленточными конвейерами (бетоноукладчиками): 1 — базовая машина (кран); 2 — приемный бункер; 3 — автосамосвал; 4 — ленточный конвейер; 5 — опалубка**

Метод с использованием бетононасосов

Бетононасос — это специализированное строительное оборудование или машина, предназначенная для приема свежеприготовленной бетонной смеси и подачи ее под давлением по трубопроводу к месту укладки с помощью бетонораспределительной стрелы.

Данный метод имеет ряд технологических преимуществ перед другими методами, так как имеет возможность перемещать смеси как в горизонтальные, так и в

вертикальные конструкции одним механизмом от места их разгрузки к месту непосредственной укладки, а также перемещать смеси в труднодоступные участки возводимого сооружения. Также данный метод используется для бетонирования высоких конструкций и больших объемах бетонирования. [1]

В зависимости от условий применения выделяют следующие виды технологического оборудования:

1. Стационарные бетононасосы;
2. Прицепные бетононасосы;
3. Автобетононасосы;
4. Бетононасосы с распределительной стрелой;
5. Насосные установки, работающие со стационарным бетоноводом.

Стационарный бетононасос устанавливается на строительной площадке на одно- и двуосной колесной базе, на гусеничном ходу, а также выполняются на опорных стойках и закрепленными на фундаменте. К бетононасосу в дополнение прилагается широкий спектр раздаточных стрел. Данный метод используется преимущественно при длительных транспортировках на высоту 100…250 м и длину 400…1200 м, а также при значительных объемах бетонных работ. [2]

Основными типами стационарных бетононасосов являются поршневые с гидравлическим приводом, представляющие собой двухцилиндровые поршневые механизмы, совершающие возвратно-поступательное движение. При движении поршней бетонная смесь из приемного бункера поочередно засасывается в один из транспортных цилиндров бетононасоса, а оттуда поршнем подается в бетоновод. Такты работы поршней строго согласованы с работой шибера (клапана), который синхронно переключается на нагнетающий цилиндр, обеспечивая непрерывную подачу смеси в бетоновод, одновременно открывая доступ в приемный бункер всасывающему цилиндру. [3]

Производительность современных поршневых двухцилиндровых бетононасосов варьируется от 80 до 180 м^3/ч.

При строительстве высотных зданий применение стационарного бетононасоса особенно эффективно, поскольку вертикальный бетоновод может наращиваться по мере увеличения высоты возводимого здания.

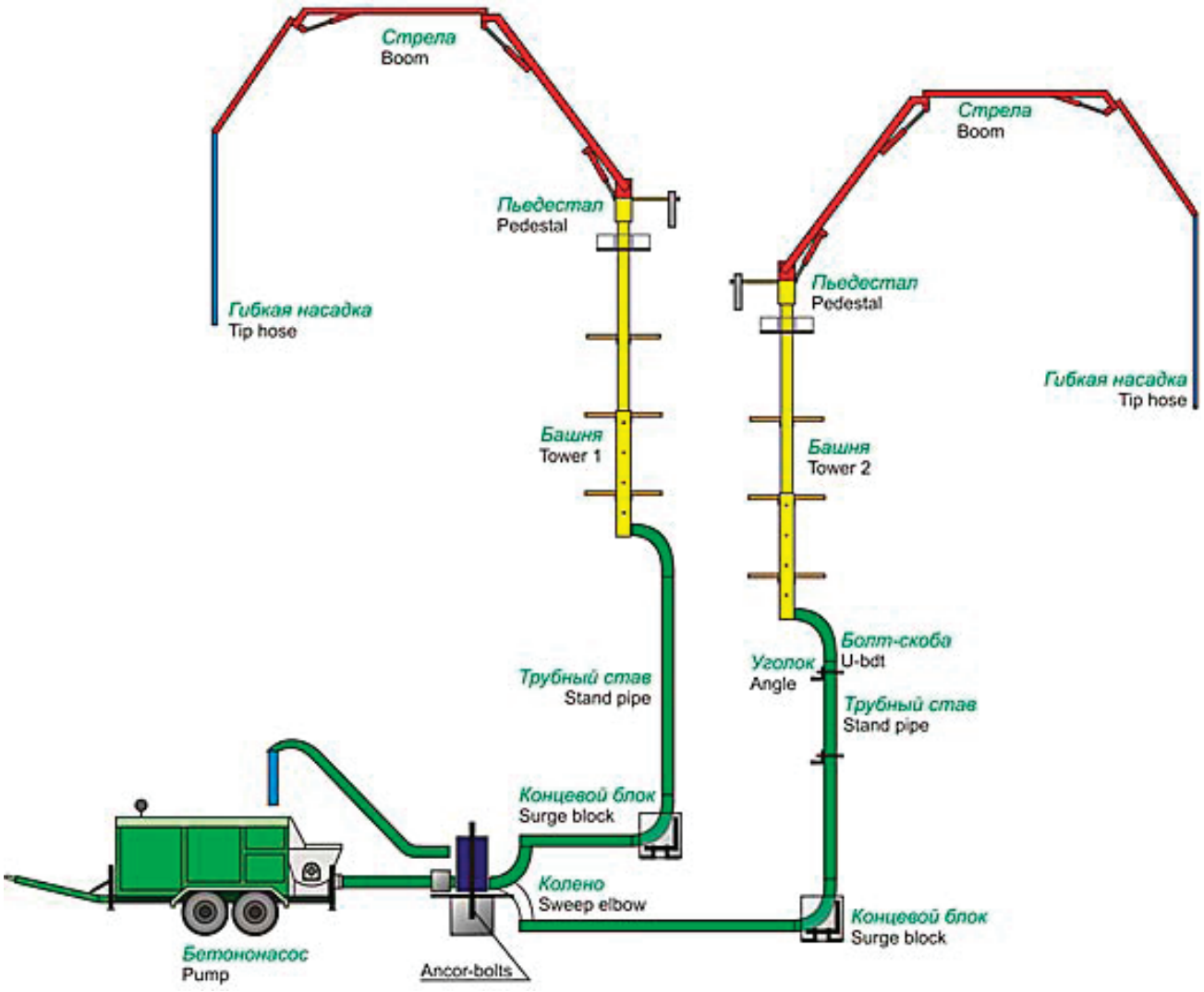

Рис. 5. **Схема работы стационарного бетононасоса на колесной базе**

Автобетононасос представляет собой насосную установку, смонтированную на автомобильном шасси. Его основным преимуществом является мобильность. Подача и распределение смеси осуществляется посредством стрелы, оснащенной бетоноводом. Бетоновод предназначен для перемещения бетонной смеси от бетононасоса к месту укладки и состоит из отдельных трубчатых звеньев (обычно стальных), входящих в комплект бетононасоса. В комплект входят звенья 05…3 м, колена (отводы с углом поворота 90, 60, 45, 30, 20,5, 15 и 10°, замки и уплотнительные кольца. [3]

Прокладывают бетоновод до наиболее удаленного участка укладки бетонной смеси и по мере укладки его постепенно разбирают, снимая последние звенья труб, то есть процесс бетонирования ведут «на себя». В качестве оборудования для распределения бетонной смеси применяют гибкие рукава, бетонораздатчики, круговые распределители и распределительные стрелы. [3]

Гибкие распределительные рукава Ø 80–125 мм применяют для распределения бетонной смеси в радиусе до 8 м. При распределении смеси по горизонтальным участкам во избежание ударов гибкого рукава при неравномерной работе насоса используют гасители — наконечники для рукавов, гасящие кинетическую энергию подаваемой бетонной смеси. [3]

Бетонораздатчики обеспечивают подачу бетонной смеси по окружности и применяются при небольшой площади бетонирования. Соединение поворотных звеньев с вертикальным участком осуществляется с помощью одного колена, а с горизонтальным — с помощью 2-х колен. [3]

Распределительные стрелы являются специализированным оборудованием, предназначенным для перемещения концевого участка бетоновода в зону распределения бетонной смеси. Распределительная стрела состоит из несущих элементов с приводом, секций бетоновода с концевым рукавом и поворотного устройства. Подъем стрелы и раскладывание секций происходит при помощи гидроцилиндров двустороннего действия, а опорно-поворотное устройство позволяет осуществлять подачу бетона в радиусе 360°. Стрелы в зависимости от их длины бывают двух-, трех-, четерых- и пятисекционными. [3]

Круговой распределитель состоит из 2-х шарнирно сочлененных колен и подставки. Распределитель применяют для бетонирования цилиндрических конструкций. [3]

В настоящее время широко применяют автобетононасосы с поворотной распределительной стрелой, смонтированной на раме, которая в свою очередь прикреплена на шасси автомобиля. Высота подачи бетона от 10 до 65 м дальностью до 60 м. По стреле, состоящей из трех-

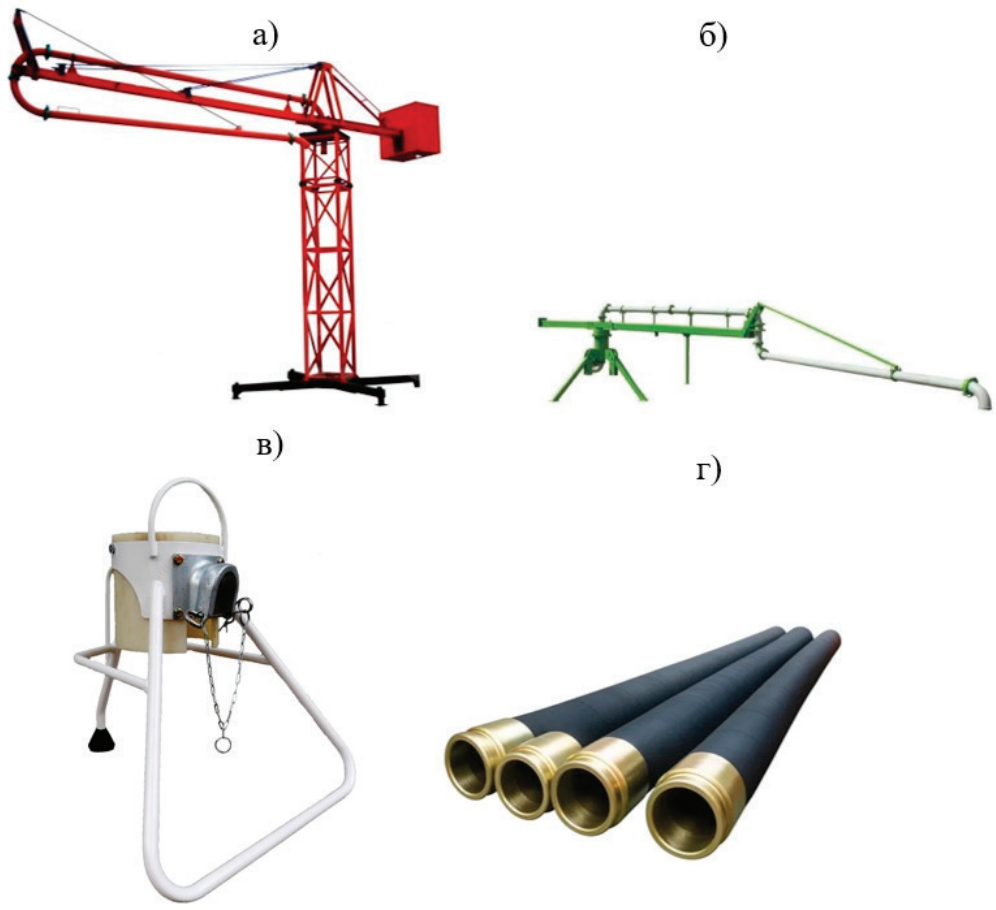

Рис. 6. **Приспособления и оборудование для распределения бетонной смеси: а — круговой распределитель, б — бетонораздатчик с поворотным коленом и противовесом, в — гаситель, г — рукава**

пяти шарнирно сочлененных частей, проходит бетоновод с шарнирами вставками в местах сочленения стрелы, заканчивающейся гибким распределительным рукавом длиной 3..7 м. Оптимальная подвижность бетонной смеси с точки зрения ее удобоукладываемости — 6…8 см, водоцементное отношение — 0,4…0,6. [3]

Перед началом транспортирования бетонной смеси трубопровод смазывают, прокачивая через него известковое тесто или цементный раствор. После окончания бетонирования бетоновод промывают водой под давлением и через него пропускают эластичный поролоновый пыж или шар. При перерыве более чем на 30 мин смесь во избежание образования пробок активизируют путем периодического включения бетононасоса, при перерывах более чем на 1 ч бетоновод полностью освобождают от смеси. [3]

В данной статье были рассмотрены методы подачи бетонной смеси до места бетонирования при возведении многоэтажных монолитных зданий. Для возведения многоэтажного монолитного жилого здания необходимо обеспечить согласованную работу всех технологических процессов бетонирования — от приготовления и транспортирования бетонной смеси до ее подачи, укладки, уплотнения, ухода и контроля качества. Наиболее существенное влияние на организацию бетонных работ при увеличении высоты здания оказывает способ подачи бетонной смеси, поскольку именно он определяет возможность обеспечения требуемой интенсивности и непрерывности бетонирования.

Основные способы бетонирования, область их применения и характеристики указаны в таблице 1.

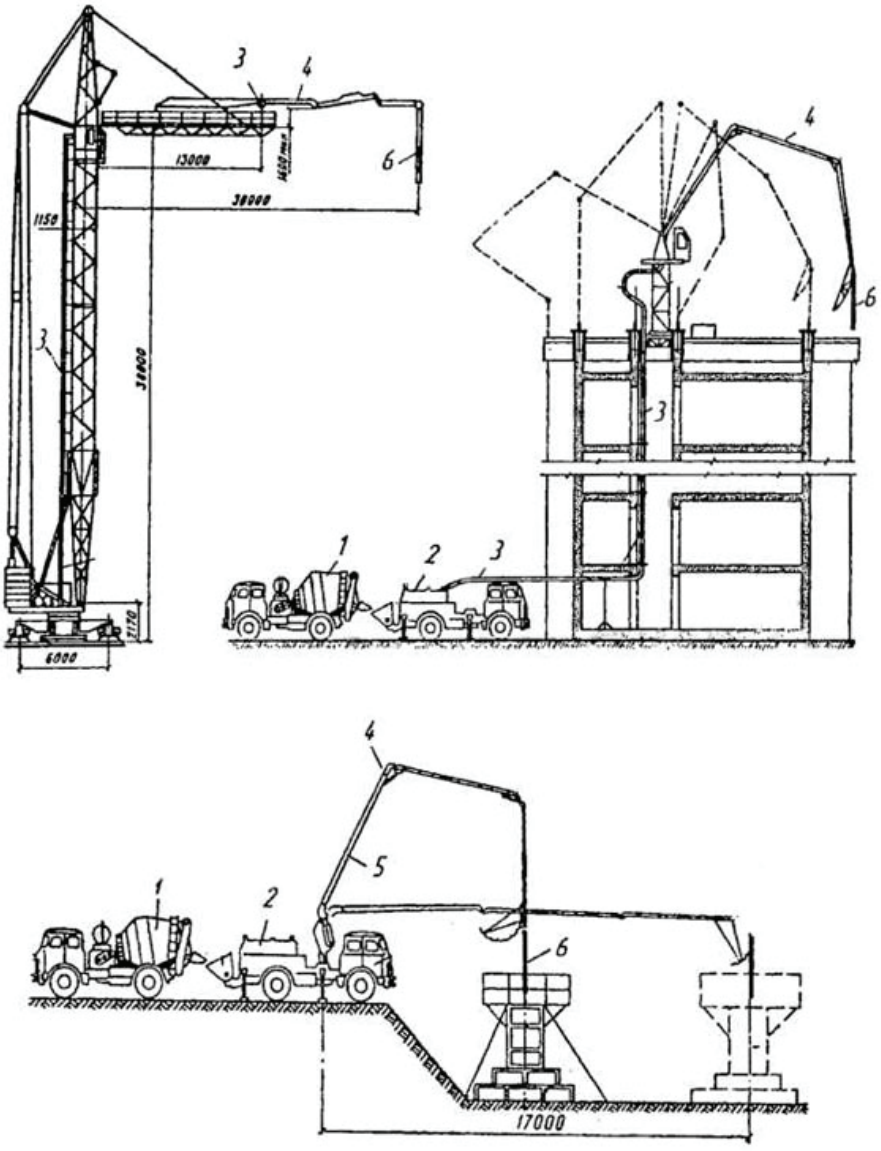

Рис. 7. **Подача бетонной смеси бетононасосом с распределительной стрелой: а — на башенном кране; б — стационарной стрелой; в — на автобетононасосе; 1 — миксер; 2 — автобетонасос; 3 — бетоновод подающий; 4 — бетоновод распределительный; 5 — рабочая стрела; 6 — гибкий хобот**

Таблица 1. **Основные способы бетонирования**

Способ бетонирования	Интенсивность, м³/ч	Область применения	Технология подачи бетонной смеси
Крановая подача в поворотных или неповоротных бадьях емкостью до 2м³	До 5	Конструкции нулевого и надземного цикла в зоне влияния крана (чаще вертикальные конструкции)	Подача смеси в бункер → перемещение краном → опалубка
Вибролотки и виброжелоба с вибропитателем	5–30	Конструкции нулевого цикла с наклоном от 5° до 30° на расстояние до 30 м	Подача смеси в бункер → вибропитатель → вибролотки или желоба → опалубка
Ленточные конвейеры	40–70	Конструкции нулевого цикла с наклоном до 18° с подачей в труднодоступные конструкции	Подача смеси в конвейер → направляющие щитки или воронка → опалубка
Бетононасосы	6–120	Конструкции нулевого и надземного цикла здания в пределах зоны влияния бетононасоса (автобетононасосы до 60 м по горизонтали и вертикали; стационарные — до 350 м по вертикали и до 1000 м по горизонтали)	Автобетоносмеситель → автобетононасос → манипулятор (бетонораспределительная стрела) → опалубка

Литература:

1. ГОСТ 10181–2014. Смеси бетонные. Методы испытаний. — М.: Стандартинформ, 2015. — 28 с.
2. Теличенко, В. И. Технология строительных процессов: учебник для вузов / В. И. Теличенко, О. М. Терентьев, А. А. Лапидус. — Москва: Высшая школа, 2005. — Ч. 2.
3. Грифф М. И., Олитский В. С., Ягудаев Л. М. Транспорт для строительного комплекса. Автобетоносмесители. Автобетононасосы. Стационарные бетононасосы. Вып. 12. — М.: АСВ, 2007. — 296 с. — ISBN 978–5–93093–523–3.

Размещение торгово-складской инфраструктуры в сложившейся застройке крупного города: иерархическая модель на основе территориального ресурса

Лыхина Ирина Дмитриевна, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Цель исследования — разработать модель размещения торгово-складской инфраструктуры крупного города со сложившейся застройкой. На основе теории иерархии обслуживания, моделей городской логистики и зарубежного опыта предложены пять уровней: агломерационный узел, секторный распределительный узел, районный торгово-складской комплекс, городской логистический узел и пункты выдачи заказов. Для каждого уровня определены зона обслуживания, основная функция и территориальный ресурс. Для городского логистического узла предложены два способа размещения: реконструкция объекта транспортной инфраструктуры и устройство подземного логистического уровня в новом объекте. В расчётном сценарии условного города схема с городскими логистическими узлами даёт примерно на 20–25 % меньший приведённый суточный пробег грузового транспорта по сравнению с прямой доставкой из секторных узлов в пункты выдачи.

Ключевые слова: *торгово-складская инфраструктура, городская логистика, планировочная структура, иерархия, сложившаяся застройка, последняя миля, подземное пространство, реорганизация производственных территорий, пункт выдачи заказов.*

Locating retail and warehousing infrastructure in the built-up fabric of a large city: a hierarchical model based on available land and space

Lykhina Irina Dmitriyevna, master's degree student
Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (St. Petersburg)

This study develops a model for locating retail and warehousing infrastructure in the built-up fabric of a large city. It draws on theories of service hierarchies, urban logistics models and international examples to propose five levels: a metropolitan hub, a sector dis-

tribution hub, a district retail and warehousing complex, an urban logistics hub and parcel pickup points. Each level is characterised by its service area, primary function and available land or space. Two options are proposed for urban logistics hubs: adapting existing transport infrastructure and incorporating an underground logistics level into new development. In the illustrative scenario for a hypothetical city, the scheme with urban logistics hubs yields approximately 20–25 % lower daily freight vehicle-kilometres expressed in passenger-car equivalents than direct delivery from sector hubs to pickup points.

Keywords: *retail and warehousing infrastructure, urban logistics, urban structure, hierarchy, built-up areas, last mile, underground space, industrial land redevelopment, parcel pickup points.*

За последние годы торгово-складская инфраструктура российских городов заметно изменилась. С ростом электронной торговли всё больше заказов проходит через распределительные центры, сортировочные узлы и пункты выдачи заказов (ПВЗ). По данным «Яндекс Карт», опубликованным в «Коммерсанте», на 1 января 2026 г. в России работало 226,4 тыс. ПВЗ, на 44,7 % больше, чем годом ранее [1]. По оценке Евразийского банка развития, в 2024 г. обеспеченность складскими площадями в России составляла около 0,35 м² на жителя [5]. Размещение складов влияет на устойчивость снабжения, поскольку нарушение работы крупных узлов затрагивает обслуживаемые ими территории [23].

Крупные склады при этом уходят на окраины и за городскую черту. Это явление описано в литературе как «логистическое расползание» (logistics sprawl) [15, 19]. Мелкие объекты, наоборот, приходят в жилую застройку: ПВЗ, дарксторы и микросклады занимают первые этажи жилых домов, и товар часто разгружают со стороны двора. На примере сети Amazon в США показано, что электронная торговля совмещает обе тенденции: склады собираются у магистралей на окраинах и одновременно образуют более мелкую сеть внутри плотных районов [26].

СП 42.13330.2026 [6] устанавливает удельные показатели для общетоварных складов. Для городских населённых пунктов в приложении В приведено значение 294 м² площади складов на 1000 человек. Этот показатель характеризует обеспеченность площадью. Для выбора места распределительного узла, склада последней мили или пункта выдачи требуется дополнительно учитывать масштаб объекта, его функцию и характер грузового потока. Российские исследования складов, рассмотренные в статье, посвящены преимущественно типологии зданий и комплексов [7–9]. В зарубежной литературе логистика рассматривается как городская функция [11, 20, 22]. Систематический обзор 2026 г. относит встраивание грузовых объектов в застройку к направлениям дальнейших исследований [27].

Цель исследования — сформировать модель размещения торгово-складской инфраструктуры в крупном городе со сложившейся застройкой. Задачи исследования включают обоснование иерархии объектов, анализ зарубежного опыта, определение параметров уровней, разработку типологии городских логистических узлов и сценарное сравнение схем доставки по приведённому пробегу.

В предлагаемой модели объекты различаются одновременно по зоне обслуживания и по функции. Два нижних уровня обслуживают последнюю милю, а самостоятельная торговля со склада относится к районному торгово-складскому комплексу. Для каждого уровня определён территориальный ресурс, который можно использовать при размещении в сложившемся городе.

Материалы и методы

Использованы научная литература по теории размещения и городской логистике, СП 42.13330.2026 [6] и опубликованные описания зарубежных объектов. Применены сравнительный анализ, типологический метод и графоаналитическое моделирование. В сценарном сравнении для условного города с населением 620 тыс. человек протяжённость маршрутов оценивалась методом непрерывной аппроксимации по площади зон обслуживания, числу точек доставки и вместимости транспорта. Суточный пробег по классам транспорта суммировался с ориентировочными коэффициентами приведения к легковому автомобилю. Сценарии сопоставлялись по приведённому пробегу при одинаковом спросе.

Теоретические основания иерархии

Исходная модель иерархии — теория центральных мест В. Кристаллера [13]. У каждого объекта обслуживания есть порог спроса и радиус обслуживания, поэтому объекты образуют ступени, и зона объекта верхней ступени включает зоны нескольких объектов нижней. В советском градостроительстве эта логика легла в основу ступенчатой системы культурно-бытового обслуживания. Е. В. Конышева показала, что она сложилась уже в 1930-е гг. как последовательность «жилой дом — жилой комплекс — квартал — микрорайон — жилой район» [3]. В рыночных условиях иерархия нарушилась: функции районных центров перешли к крупным периферийным торговым комплексам [4]. Ступенчатой была и советская система снабжения: А. А. и М. А. Яковлевы описывают трёхступенчатую систему хранения, где городские склады торговых организаций работали как распределительный центр [7]. По той же схеме можно описать и торгово-складскую инфраструктуру, но с одним отличием: на верхних ступенях размещение не центростремительное, а центробежное.

Это отличие объясняют модели рентного градиента и зональные модели города. Склад даёт мало дохода с единицы площади и проигрывает жилью и офисам в конкуренции за землю, поэтому крупные объекты уходят на периферию, а мелкие, которым выгодна близость к покупателю, остаются в застройке. Секторная модель показывает, что производственно-складские функции тянутся не к кольцу, а к секторам вдоль внешних транспортных направлений. Если размещение не планировать, склады уходят всё дальше от обслуживаемой территории и пробег грузового транспорта растёт [15], причём на уровне города и региона это происходит по-разному [19].

Модели городской логистики добавляют в иерархию промежуточное звено. В двухэшелонной модели Т. Г. Крэника груз собирается в распределительных центрах на окраине и доставляется в «сателлиты» — существующие городские пространства, где его без хранения перегружают на малый транспорт [14]. Расчёты для Севильи подтвердили, что промежуточный городской склад позволяет перевести последнюю милю на малый транспорт, но работает только при компактном расположении точек доставки; авторы обосновывают участие города в создании таких объектов [17].

Градостроительно иерархию удобно описывать через концепцию каркаса и ткани А. Э. Гутнова [2]: каркас проектируется как система общегородского масштаба, ткань регулируется типовыми правилами. Верхние уровни торгово-складской инфраструктуры относятся к каркасу, нижние — к ткани. С. Грэм и С. Марвин описали распад единых инфраструктурных сетей на частные [18], и современное размещение складов подходит под это описание: каждый оператор строит свою сеть складов и ПВЗ, а город теряет контроль над её покрытием. К. Лайстер сравнивает логистические сети по их влиянию на город с каналами и железными дорогами XIX в. [22]. Из этого следует задача модели: планировать торгово-складскую сеть как городскую инфраструктуру.

Зарубежный опыт встраивания логистики в застройку

Во французской типологии городских логистических пространств (espaces logistiques urbains, ELU) [11] выделены городская логистическая зона, центр городской дистрибуции, пункт приёма транспортных средств, пункт приёма товаров, городской логистический бокс и мобильное логистическое пространство. Город выбирает набор пространств с учётом местных задач [25]. Типология основана на функциях объектов. Для применения в крупном городе со сложившейся застройкой её следует дополнить масштабом обслуживания и требованиями к территориальному ресурсу.

Зарубежные примеры показывают, как грузовую функцию можно совмещать с жильём, общественными пространствами и транспортной инфраструктурой (табл. 1).

Таблица 1. **Примеры встраивания логистических объектов в городскую застройку**

Объект	Тип	Место в городе	Сопряжение с застройкой
Chapelle International, Париж, 2018 [12]	Склад с общественной кровлей	Бывшая железнодорожная территория, рядом новый район на 1100 квартир	Здание 390 × 65 м высотой 8 м: железнодорожный терминал, над ним офисы, на кровле спортивные площадки и городская ферма; здание закрывает жильё от шума путей
Bermondsey Heights, Лондон [16]	Склад под жилым домом	Бывшая площадка дистрибьютора у железнодорожной насыпи	Склад высотой 7 м под подиумом с общим двором, выше более 250 квартир; разгрузочный двор закрыт и вынесен к железной дороге
Подземные паркинги и бывшая АЗС, Париж [21]	Логистика в объектах транспортной инфраструктуры	Паркинги, участок под кольцевой автодорогой, бывшая АЗС	Хабы последней мили площадью от 800 до 2000 м² без своей территории; въезд с улицы, развоз электромобилями и грузовыми велосипедами
Открытые сети постаматов (Гронинген, Мехелен, Осло) [10]	Сеть выдачи как городская инфраструктура	Станции, перехватывающие парковки, общественные пространства	Постаматы на общественных территориях, доступные любым службам доставки; размещение регулирует город

В рассмотренных примерах склад может экранировать жильё от железной дороги, общественные функции размещаются на кровле или над логистическим уровнем, а постаматы используются несколькими службами доставки. Эти приёмы учтены в предлагаемой модели.

Результаты. Иерархическая модель торгово-складской инфраструктуры

Модель включает пять уровней (табл. 2, рис. 1). Для каждого определены зона обслуживания, функция и территориальный ресурс. Освоение новых территорий предусмотрено за городской чертой на уровне I. Внутри города используются производственные территории, существующие оптовые базы, рынки и торговые центры, объекты транспортной

инфраструктуры, подземное пространство новых зданий и помещения общественного назначения. Количественные диапазоны в таблице приведены как ориентиры предлагаемой модели.

Таблица 2. **Уровни торгово-складской инфраструктуры крупного города со сложившейся застройкой**

Уровень	Территориальный ресурс	Зона обслуживания	Основная функция	Сопряжение
I. Агломерационный узел	Новые территории за городской чертой	Город и регион	Приём межрегиональных потоков, хранение	Изолированное
II. Секторный распределительный узел	Реорганизуемые производственные территории	Сектор, 150–250 тыс. чел.	Распределение по сетям, уровням III и IV, кросс-докинг	Буферное
III. Районный торгово-складской комплекс	Существующие базы, рынки, торговые центры	Район, 120–160 тыс. чел.	Торговля мелким оптом и в розницу со склада	Фронтальное
IV. Городской логистический узел	Объекты транспортной инфраструктуры, подземное пространство новых зданий	1,5–3 км, 30–60 тыс. чел.	Перегрузка на малый транспорт, выдача курьерам. Последняя миля	Подземное с общественной функцией сверху
V. Пункты выдачи и постаматы	Помещения общественного назначения, общественные пространства	300–500 м, 3–10 тыс. чел.	Выдача и приём заказов, возвраты. Последняя миля	Встроенное

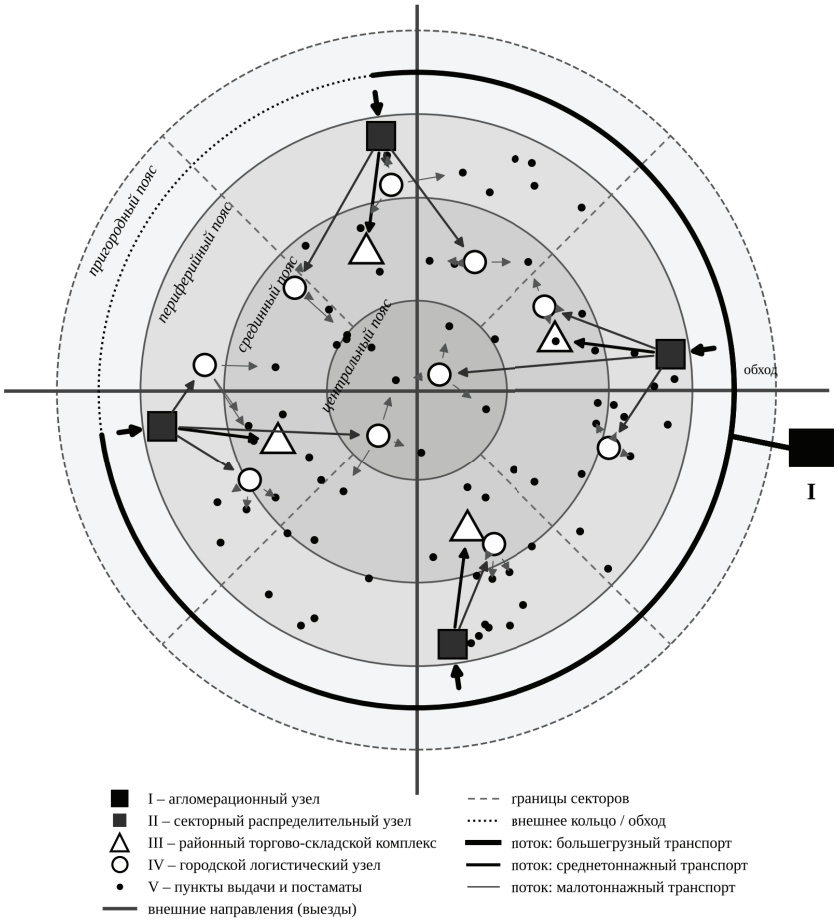

Рис. 1. **Схема размещения уровней торгово-складской инфраструктуры в планировочной структуре крупного города (составлено автором)**

Уровень I — единственный, для которого допускается освоение новых земель. Его объекты лучше собирать в один кластер, связанный с городом внешним обходом, чтобы большегрузный транспорт не заходил в город. Уровень II размещается на производственных территориях периферийного и срединного поясов у основных выездов, по одному узлу на планировочный сектор. Он снабжает магазины торговых сетей и узлы уровней III и IV своего сектора.

Уровень III — районный торгово-складской комплекс на основе существующих оптовых баз, рынков и торговых центров с грузовыми дворами. Это единственный уровень с торговой функцией: здесь покупатели и малый бизнес района покупают товар со склада. Функцию последней мили он не выполняет и в цепочке доставки заказов стоит отдельно. Комплексы размещаются по одному в каждом административном районе, кроме центрального, и восстанавливают районную ступень, утраченную в рыночный период [4].

Уровень IV — городской логистический узел. Это промежуточное звено, о котором говорит модель Т. Г. Крэника [14]: здесь товар с уровня II перегружают на малотоннажный транспорт и развозят по пунктам выдачи и до двери. Под такие узлы в сложившейся застройке сложнее всего найти территорию, поэтому для них предложена отдельная типология (рис. 2). Логистика в узле занимает подземное или нижнее пространство, а на поверхности размещается основная общественная функция: торговля, сервисы, благоустроенная площадь или сквер. Предлагается два типа объектов:

1) реконструкция объектов транспортной инфраструктуры — многоуровневых и подземных паркингов, бывших автозаправочных станций, гаражных территорий, участков под путепроводами; нижний уровень отдаётся под хранение и сортировку, верхние сохраняют прежнюю функцию или получают общественную, кровля используется как общественное пространство;

2) новые объекты с подземным логистическим уровнем — в составе торговых и общественных зданий, рынков или под площадями и скверами; въезд для фургонов устраивается с улицы по рампе, а на поверхности остаётся полноценное благоустройство.

В обоих типах грузовой въезд предлагается организовать с улицы, вне жилого двора. Возможность размещения логистической функции на конкретном участке следует проверять по местным правилам землепользования и застройки, условиям подъезда и техническим параметрам объекта. Для реконструкции в первую очередь рассматриваются отдельно стоящие объекты с резервом вместимости. Для подземных паркингов жилых комплексов дополнительной проверке подлежат права на помещения и возможность разведения грузовых, автомобильных и пешеходных потоков.

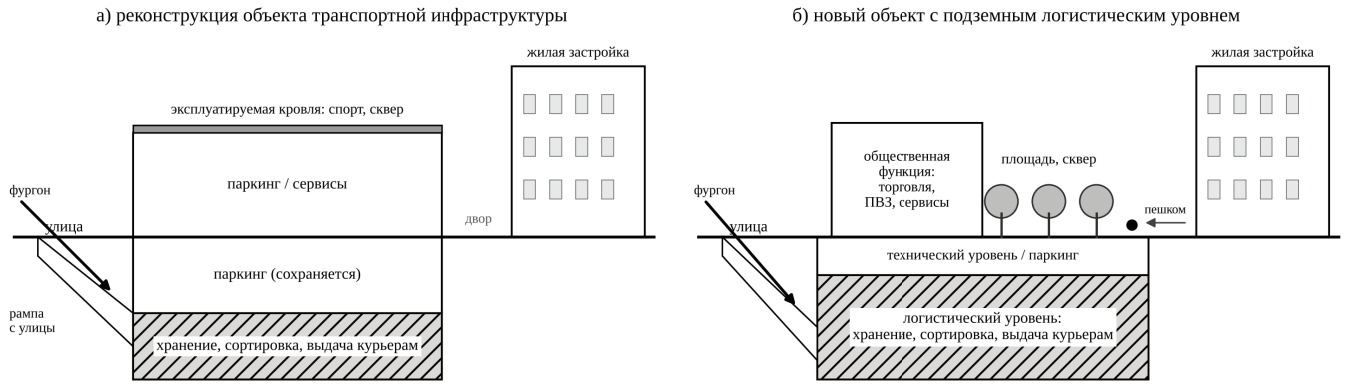

Рис. 2. **Типы городского логистического узла (уровень IV): а — реконструкция объекта транспортной инфраструктуры; б — новый объект с подземным логистическим уровнем (составлено автором)**

Уровень V — пункты выдачи заказов и постаматы. В модели предполагается завоз из узла уровня IV один-два раза в день и преимущественно пешеходный доступ жителей. Пункты выдачи предлагается размещать у остановок общественного транспорта, в магазинах, торговых и общественных зданиях, что соответствует принципу повседневной доступности [24]. Для постаматов на общественных территориях можно использовать открытые системы, доступные нескольким службам доставки [10].

При размещении учитываются масштаб объекта, зона обслуживания, направление грузового потока, способ сопряжения с застройкой и доступность освоенных территорий. В цепочке доставки заказов секторный узел снабжает городские логистические узлы, которые обслуживают ПВЗ и доставку до двери. Районные торгово-складские комплексы снабжаются по отдельной ветви. Потенциальные площадки для уровней II и IV целесообразно учитывать при территориальном планировании и реорганизации производственных зон.

Обсуждение

В сценарии для условного города приняты 74 тыс. отправлений в сутки и 800 ПВЗ. Сопоставлены три схемы: доставка из загородного узла напрямую, доставка из секторных узлов напрямую в ПВЗ и доставка через 8–12 городских логистических узлов. По исходной укрупнённой оценке приведённый суточный пробег составил соответственно около 9,3, 6,1

и 4,6–4,9 тыс. км. Относительное снижение по сравнению со второй схемой рассчитано как разность приведённых пробегов, делённая на пробег второй схемы. По округлённым значениям оно составляет 19,7–24,6 %, или около 20–25 %.

Расчёт даёт ориентир для сопоставления схем доставки. Для воспроизведения абсолютных значений необходимы исходные параметры маршрутов, вместимость транспорта по классам и коэффициенты приведения. Оценка влияния на загрузку УДС требует учёта фактического графа улиц, фонового движения и распределения рейсов по времени суток. Площадки уровней II и IV целесообразно рассматривать при реорганизации производственных и транспортных территорий, поскольку от их положения зависит длина внутригородских маршрутов [15].

Модель предназначена для апробации в крупных городах с промышленным профилем, сложившейся микрорайонной застройкой, производственными территориями в срединном поясе и выраженными радиальными выездами. Следующий этап исследования — оценка площадок городских логистических узлов на примере Ижевска.

Выводы

1) Торгово-складскую инфраструктуру крупного города можно описать как иерархическую систему на основе теории центральных мест, ступенчатой системы обслуживания и моделей городской логистики; на верхних уровнях размещение центробежное.

2) В модели соединены деление по зоне обслуживания и деление по функции, при этом функции распределены неравномерно: последняя миля есть только у уровней IV и V, торговая функция — только у уровня III.

3) Модель включает пять уровней — агломерационный узел, секторный распределительный узел, районный торгово-складской комплекс, городской логистический узел и пункты выдачи; для каждого определены территориальный ресурс, функции и тип сопряжения с застройкой.

4) Для городского логистического узла в сложившейся застройке предложены два типа объектов: реконструкция объектов транспортной инфраструктуры и новые объекты с подземным логистическим уровнем и общественной функцией на поверхности.

5) В иллюстративном сценарии схема с городскими логистическими узлами даёт примерно на 20–25 % меньший приведённый суточный пробег грузового транспорта по сравнению с прямой доставкой из секторных узлов в ПВЗ. Для проверки применимости модели необходим анализ площадок и маршрутов конкретного города.

Литература:

1. Количество ПВЗ в России выросло на 44,7 % за год [Электронный ресурс] // Коммерсантъ. — 19.01.2026. — URL: https://www.kommersant.ru/doc/8361521 (дата обращения: 12.11.2026).
2. Гутнов А. Э. Эволюция градостроительства. — М.: Стройиздат, 1984.
3. Конышева Е. В. Формирование концепции жилого микрорайона в советском градостроительстве 1930-х годов // Academia. Архитектура и строительство. — 2023. — № 4. — С. 82–92. — DOI: 10.22337/2077–9038–2023–4–82–92.
4. Криницына Е. В. Влияние крупного периферийного торгового комплекса на внутригородскую инфраструктуру центров // Архитектон: известия вузов. — 2011. — № 36. — С. 181–186.
5. Складская инфраструктура Евразийского региона: возможность десятилетия: доклад 25/12 / под ред. Е. Винокурова. — Алматы: Евразийский банк развития, 2025.
6. СП 42.13330.2026. Градостроительство. Планировка и застройка территорий. Утверждён приказом Минстроя России от 11.06.2026 № 368/пр. Прил. В.
7. Яковлев А. А., Яковлев М. А. Специфика расположения агропромышленных складских комплексов // Приволжский научный журнал. — 2023. — № 3. — С. 201–207.
8. Яковлев А. А., Яковлев М. А. Подходы к оценке проектных решений складских зданий // Приволжский научный журнал. — 2026. — № 1.
9. Яковлев М. А. Особенности архитектурно-планировочного формирования складских зданий и комплексов: дис. … канд. архитектуры: 05.23.21. — Нижний Новгород, 2019. — 275 с.
10. Axinte L., Ferran V., Buijs P., Schurer K. [et al.] A Framework for Open Parcel Locker Systems: Finding the Right Space for Urban Logistics. — ULaaDS; Bax & Company, 2023. — URL: https://civitas.eu/sites/default/files/Finding-the-Right-Space-for-Urban-Logistics-a-Framework-for-Open-Parcel-Locker-Systems.pdf (accessed: 31.10.2026).
11. Boudouin D., Patier D., Toilier F., Bossin Ph. Guide méthodologique: les espaces logistiques urbains. — Paris: La Documentation française, 2018. — 165 p.
12. Chapelle International: étude densité-mixité [Electronic resource]. — Lausanne: Canton de Vaud, 2022. — URL: https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/territoire/amenagement/SGZA/Etude_Densite-Mixite/18_CHAPELLE_INTERNATIONAL-_30.08.2022_-FINAL.pdf (accessed: 31.10.2026).
13. Christaller W. Die zentralen Orte in Süddeutschland. — Jena: Gustav Fischer, 1933.

14. Crainic T. G., Ricciardi N., Storchi G. Models for Evaluating and Planning City Logistics Systems // Transportation Science. — 2009. — Vol. 43, no. 4. — P. 432–454. — DOI: 10.1287/trsc.1090.0279.
15. Dablanc L., Rakotonarivo D. The impacts of logistics sprawl: How does the location of parcel transport terminals affect the energy efficiency of goods' movements in Paris and what can we do about it? // Procedia — Social and Behavioral Sciences. — 2010. — Vol. 2, № 3. — P. 6087–6096.
16. Finnan G., Smith T. Beds and sheds: the architecture of co-location and intensification [Electronic resource] // RIBA Journal. — 2026. — URL: https://www.ribaj.com/intelligence/bermondsey-heights-dmfk-maccreanor-lavington-housing-logistics/ (accessed: 31.10.2026).
17. Giordano A., Christidis P. Green Last-Mile Delivery: Adapting Beverage Distribution to Low Emission Urban Areas // Future Transportation. — 2025. — Vol. 5, № 2. — Art. 65. — DOI: 10.3390/futuretransp5020065.
18. Graham S., Marvin S. Splintering Urbanism: Networked Infrastructures, Technological Mobilities and the Urban Condition. — London: Routledge, 2001.
19. Heitz A., Dablanc L., Olsson J., Sanchez-Diaz I., Woxenius J. Spatial patterns of logistics facilities in Gothenburg, Sweden // Journal of Transport Geography. — 2020. — Vol. 88. — Art. 102191. — DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2018.03.005.
20. Hesse M. The City as a Terminal: The Urban Context of Logistics and Freight Transport. — Aldershot: Ashgate, 2008.
21. Les parkings souterrains: de la voiture individuelle à la mobilité des marchandises [Electronic resource] // Sogaris. — URL: https://www.sogaris.fr/publication/les-parkings-souterrains-de-la-voiture-individuelle-a-la-mobilite-des-marchandises/ (accessed: 31.10.2026).
22. Lyster C. Learning from Logistics: How Networks Change Our Cities. — Basel: Birkhäuser, 2016. — 216 p.
23. Meerow S., Newell J. P., Stults M. Defining urban resilience: A review // Landscape and Urban Planning. — 2016. — Vol. 147. — P. 38–49.
24. Moreno C., Allam Z., Chabaud D., Gall C., Pratlong F. Introducing the «15-Minute City»: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities // Smart Cities. — 2021. — Vol. 4, № 1. — P. 93–111.
25. Patier D., Toilier F. Urban Logistics Spaces: What Models, What Uses and What Role for Public Authorities? // City Logistics 2: Modeling and Planning Initiatives / ed. by E. Taniguchi, R. G. Thompson. — London: ISTE; Hoboken: Wiley, 2018.
26. Schorung M., Lecourt T., Dablanc L. Assessing the spatial footprint of e-commerce logistics differentiating the types of warehouses: The case of Amazon in the United States // Journal of Transport and Land Use. — 2024. — Vol. 17, № 1. — P. 647–674. — DOI: 10.5198/jtlu.2024.2438.
27. Sun J. S., Tavasszy L., van Duin R. Defining the interface between city logistics and urban design: a systematic literature review // Transportation Research Interdisciplinary Perspectives. — 2026. — Vol. 37. — Art. 102028. — DOI: 10.1016/j.trip.2026.102028.

Методики обследования и оценки сейсмического состояния эксплуатируемых зданий с железобетонным каркасом

Прокофьев Валерий Юрьевич, студент магистратуры
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассматриваются нормативно-методические основы и практические методы обследования и оценки сейсмического состояния эксплуатируемых зданий с железобетонным каркасом. Описывается последовательность этапов натурного обследования, приводятся примеры практической реализации методик, в том числе с использованием зарубежного опыта быстрой оценки сейсмической устойчивости и комплексного обследования зданий после землетрясений.

Ключевые слова: *сейсмическое состояние, железобетонный каркас, обследование зданий, динамические характеристики, поверочные расчеты, сейсмостойкость.*

Введение

Обеспечение сейсмической безопасности эксплуатируемых зданий является актуальной задачей, особенно для зданий, запроектированных по устаревшим нормам. Настоящая работа систематизирует методики, регламентированные действующими российскими стандартами, и дополняет их примерами из зарубежной практики.

1. Нормативно-методические основы обследования и оценки сейсмического состояния

1.1. Нормативная база обследования технического состояния эксплуатируемых зданий

Общая процедура обследования технического состояния зданий регламентируется ГОСТ 31937–2024

«Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». Данный стандарт устанавливает требования к организации работ, составу документации и категориям технического состояния (нормативное, работоспособное, ограниченно-работоспособное, аварийное) [1, п. 4.5]. Дополнительно, СП 13–102–2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений» определяет последовательность выполнения работ и оценки несущих конструкций [2, разд. 5].

Однако указанные документы задают лишь общую процедуру. Для оценки сейсмического состояния зданий с железобетонным каркасом необходимо комплексное применение данных стандартов с обращением к специализированным документам, таким как СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» и расчетным методикам.

1.2. Требования к сейсмостойкости и оценка сейсмической опасности площадки

СП 14.13330.2018 устанавливает требования к расчету зданий и сооружений на сейсмические нагрузки, а также к их объемно-планировочным и конструктивным решениям [3, разд. 4, 5]. Важным аспектом является оценка сейсмической опасности площадки, включающая классификацию грунтов по сейсмическим свойствам и определение расчетной сейсмичности [3, п. 4.4, табл. 4.1].

Ключевым параметром для оценки сейсмического состояния эксплуатируемого здания являются его динамические характеристики. ГОСТ 34081–2017 «Здания и сооружения. Определение параметров основного тона собственных колебаний» устанавливает правила экспериментального определения периода и логарифмического декремента (безразмерной величины, показывающей, насколько быстро затухают амплитуды последовательных колебаний системы) основного тона собственных колебаний [4, п. 4.1]. Эти параметры позволяют оценить изменения в напряженно-деформированном состоянии конструкции, произошедшие из-за повреждений или износа, и должны использоваться при назначении расчетных сейсмических нагрузок.

1.3. Расчетные модели и критерии оценки несущей способности железобетонного каркаса

Оценка несущей способности железобетонного каркаса выполняется на основе СП 63.13330.2018, который устанавливает правила расчета бетонных и железобетонных конструкций. При обследовании эксплуатируемого здания расчетные модели должны учитывать фактические параметры армирования и выявленные дефекты.

Методологическую рамку для интерпретации результатов поверочных расчетов задает ГОСТ 27751–2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения». Стандарт устанавливает общие принципы обеспечения надежности, включая подходы к оценке предельных состояний и критерии надежности [5, разд. 5]. Только сочетание расчетных методов с данными натурных обследований позволяют получить достоверную оценку сейсмического состояния.

2. Методика натурного обследования железобетонного каркаса

2.1. Визуальное обследование и фиксация дефектов

Визуальное обследование является первым этапом оценки технического состояния и проводится в соответствии с ГОСТ 31937–2024 и СП 13–102–2003 [1, п. 5.1.9; 2, разд. 7]. В ходе осмотра выявляются и фиксируются видимые дефекты: трещины, сколы бетона, обнажение арматуры, коррозионные повреждения, признаки неравномерных осадок. Для отнесения выявленных дефектов к допустимым или критическим используются таблицы предельных отклонений СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» [6, табл. 5.12]. В данном контексте СП 70.13330.2012 применяется как инструмент для сравнения фактического состояния конструкций с проектными требованиями.

2.2. Инструментальные методы определения фактических характеристик материалов и армирования

Детальное (инструментальное) обследование включает определение фактических характеристик материалов. Для контроля прочности бетона применяются неразрушающие методы (ультразвуковой, склерометрический, отрыв со скалыванием) и полуразрушающие методы (отбор кернов). Для определения толщины защитного слоя и расположения арматуры используются магнитный и радиографический методы [1, п. 5.3.1.5, 5.3.1.10; 2, п. 8.3].

Результаты инструментального обследования служат исходными данными для построения расчетной модели и выполнения поверочных расчетов в соответствии с требованиями СП 63.13330.2018 и СП 14.13330.2018.

Сводка этапов натурного обследования и соответствующих методов приведена в таблице 1.

2.3. Экспериментальная оценка динамических характеристик здания

Методика экспериментального определения динамических характеристик здания регламентируется ГОСТ 34081–2017 [4, п. 6]. Она включает измерение периода основного тона собственных колебаний и логарифмического декремента. Анализируется влияние повреждений и износа на изменение этих характеристик. Результаты динамических испытаний используются для уточнения расчетных моделей и оценки соответствия фактических динамических характеристик проектным значениям.

Таблица 1. **Этапы натурного обследования железобетонного каркаса и применяемые методы**

Этап обследования	Основные задачи	Применяемые методы и средства	Нормативное обоснование
Подготовительный	Сбор и анализ проектной и исполнительной документации; составление программы работ	Изучение архивных материалов; разработка технического задания и программы	[2, разд. 6], [1, п. 5.1.6–5.1.8]
Предварительное (визуальное) обследование	Выявление и фиксация видимых дефектов; предварительная оценка категории технического состояния	Осмотр, фотофиксация, контрольные обмеры, составление ведомостей дефектов	[1, п. 5.1.9–5.1.11], [2, разд. 7]
Детальное (инструментальное) обследование	Определение фактических характеристик материалов и армирования	Неразрушающие методы (ультразвуковой, склерометрический, отрыв со скалыванием), отбор кернов, магнитный и радиографический методы	[1, п. 5.3.1.5, 5.3.1.10], [2, п. 8.3]
Экспериментальная оценка динамических характеристик	Определение периода и логарифмического декремента основного тона собственных колебаний	Измерения по трем взаимно перпендикулярным осям; обработка записей по спектрам мощности	[4, п. 4.2, 4.3, 6.2]
Поверочные расчеты	Оценка несущей способности элементов каркаса по предельным состояниям	Построение и верификация расчетной модели; расчет на сейсмические нагрузки	[5, разд. 5], [3, разд. 5]

3. Расчетная оценка сейсмического состояния и практические примеры

3.1. Построение и верификация расчетной модели каркаса

Построение расчетной модели железобетонного каркаса выполняется на основе данных натурного обследования. Учитываются фактические параметры армирования, геометрия сечений, характеристики материалов, выявленные дефекты и повреждения. Верификация модели производится по экспериментально определенным динамическим характеристикам согласно ГОСТ 34081–2017 [4, п. 6.4.6]. При построении модели соблюдаются требования СП 63.13330.2018 к расчетным схемам и ГОСТ 27751–2014 к обеспечению надежности [5, разд. 11].

3.2. Поверочные расчеты на сейсмические нагрузки

Поверочные расчеты каркаса на сейсмические нагрузки выполняются в соответствии с СП 14.13330.2018 [3, разд. 5]. Сейсмические нагрузки определяются с учетом фактических динамических характеристик здания, полученных экспериментально. Критерии оценки несущей способности элементов каркаса принимаются по предельным состояниям согласно СП 63.13330.2018 и с учетом требований ГОСТ 27751–2014 к коэффициентам надежности [5, п. 10.1]. По результатам расчетов выявляются наиболее уязвимые элементы и узлы каркаса.

3.3. Практические примеры оценки сейсмического состояния

В зарубежной практике находят применение методы быстрой оценки сейсмической способности зданий. В работе Lee et al. (2011) предложен практический метод быстрой оценки сейсмической способности малоэтажных железобетонных зданий, конструкция которых включает элементы, работающие как на сдвиг, так и на изгиб. Метод основан на использовании кривых требуемой прочности для прогнозирования повреждений при землетрясении в зависимости от уровня сейсмического воздействия и сейсмической способности здания. Предложенный подход позволяет быстро оценить сейсмическую способность и рассчитать степень структурного повреждения здания при заданной интенсивности землетрясения на основе категории сейсмической способности. Валидность метода подтверждена сравнением с результатами, полученными по японскому стандарту оценки сейсмической способности, нелинейному статическому и динамическому анализу [7].

Комплексный подход к оценке и усилению эксплуатируемого железобетонного здания после землетрясения описан в работе Stepinac et al. (2022). Процедура оценки включила первичный визуальный осмотр, быструю предварительную оценку, детальные натурные измерения с использованием неразрушающих и полуразрушающих методов, численное моделирование и верификацию. На основе результатов обследования были разработаны предложения по усилению, учитывающие потребности собственника и необходимость энергетической модернизации здания. Авторы подчеркивают важность интегрированного подхода при реновации существующих зданий [8].

Итеративный подход к оценке сейсмического состояния предполагает сопоставление результатов расчетов с данными обследования. При необходимости расчетная модель корректируется, и расчет повторяется. Итоговое заключение должно содержать оценку сейсмического состояния, перечень выявленных де-

фектов и рекомендации по усилению или мониторингу.

Заключение

Оценка сейсмического состояния эксплуатируемых зданий с железобетонным каркасом является комплексной задачей, требующей последовательного применения нормативных документов, проведения натурных исследований и выполнения поверочных расчетов. Сочетание визуальных, инструментальных и экспериментальных методов с расчетным анализом позволяет получить достоверную оценку и разработать обоснованные рекомендации по обеспечению сейсмостойкости зданий.

Литература:

1. ГОСТ 31937–2024. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: введен впервые: дата введения 2024–05–01. — Москва: Российский институт стандартизации, 2024. — 68 с. — Текст: непосредственный.
2. СП 13–102–2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений: свод правил по проектированию. И строительству: принят и рекомендован к применению постановлением Госстроя России от 21 августа 2003 г. № 153 — Москва: Госстрой России, 2003. — Текст: непосредственный.
3. СП 14.13330.2018. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7–81*: свод правил: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 мая 2018 г. № 309/пр: введен в действие с 25 ноября 2018 г. — Москва: Стандартинформ, 2018. — 120 с. — Текст: непосредственный.
4. ГОСТ 34081–2017. Здания и сооружения. Определение параметров основного тона собственных колебаний: межгосударственный стандарт: введен впервые: дата введения 2017–11–01. — Москва: Стандартинформ, 2017. — 19 с. — Текст: непосредственный.
5. ГОСТ 27751–2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения: межгосударственный стандарт: введен впервые: дата введения 2015–07–01. — Москва: Стандартинформ, 2019. — 19 с. — Текст: непосредственный.
6. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01–87: свод правил: утвержден приказом Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунального хозяйству (Госстрой) от 25 декабря 2012 г. № 109/ГС: введен в действие с 1 июля 2013 г. — Москва: Стандартинформ, 2013. — 239 с. — Текст: непосредственный.
7. Lee, K. S. A Practical Rapid Screening Method for Evaluating the Seismic Capacity of Low-rise Reinforced Concrete Buildings / K. S. Lee, H. Choi, S. W. Han, S. — B. Lee. — Текст: непосредственный. // Journal of Advanced Concrete Technology. — 2011. — Vol. 9, No. 3–301–314.
8. Stepinac, M. Condition Assessment and Seismic Upgrading Strategy of RC Structures — A Case Study of a Public Institution in Croatia / M. Stepinac, D. Skokandic, K. Ozic, M. Zidar, M. Vajdic. — Текст: непосредственный. // Buildings. — 2022. — Vol. 12, 1489. — 28 p.

ГЕОЛОГИЯ

Лунный реголит как потенциальное минеральное сырьё: минералого-геохимические особенности, ресурсы и перспективы переработки

Добежа Арина Витальевна (г. Темиртау, Казахстан)

В статье рассмотрен лунный реголит как объект минерально-сырьевой оценки. На основе опубликованных данных исследований образцов миссий «Аполлон» и «Луна», орбитальных наблюдений и обзоров по использованию ресурсов на месте (ISRU) систематизированы сведения о происхождении, гранулометрическом и минеральном составе реголита, различиях между морскими и материковыми районами, а также о распределении ильменита, КРИП-компонента и водяного льда. Определены сырьевые компоненты реголита (кислород, железо, титан, алюминий, кремний, вода, сопутствующие летучие) и сопоставлены технологии их извлечения: восстановление ильменита водородом, карботермическое восстановление, электролиз солевого и силикатного расплавов, кислотное выщелачивание. Показано, что реголит не содержит рудных концентраций металлов в земном понимании, а его сырьевая ценность определяется использованием in situ, прежде всего для получения кислорода и конструкционных материалов. Выявлены основные ограничения: энергоёмкость процессов, абразивность материала, недостаточная изученность полярных запасов льда.

Ключевые слова: *лунный реголит, минеральное сырьё, ильменит, КРИП, водяной лёд, извлечение кислорода, ISRU.*

Возобновление программ исследования Луны и планы создания постоянных баз ставят вопрос о ресурсной базе, доступной на месте. Доставка 1 кг груза на лунную поверхность требует значительных затрат, поэтому использование местных материалов рассматривается как условие устойчивого присутствия человека [6]. Единственным материалом, доступным в больших объёмах, является реголит, покрывающий практически всю лунную поверхность [1].

Цель работы — оценить реголит как потенциальное минеральное сырьё на основе опубликованных данных. Задачи:

1) охарактеризовать строение и вещественный состав реголита;
2) выделить сырьевые компоненты и оценить их ресурсный потенциал;
3) сопоставить технологии извлечения и переработки;
4) определить ограничения и перспективы использования.

Работа выполнена как аналитический обзор шести открытых источников: монографического обзора Lucey et al. [1], инженерного руководства NASA по геотехническим свойствам реголита [2], статьи по результатам эксперимента LCROSS [3], обзора NASA по извлечению кислорода из минералов [4], отчёта рабочей группы ISECG по полярным летучим [5] и обзора по производству и строительству на Луне [6]. Первичные лабораторные данные не получены; приводимые количественные оценки заимствованы из указанных источников.

Происхождение и строение

Реголит представляет собой слой рыхлого обломочного материала, образованный в течение более чем 4 млрд лет в результате ударов метеороидов о поверхность Луны; все образцы, доставленные миссиями «Аполлон» (382 кг) и «Луна» (около 0,3 кг), отобраны из реголита [1]. Термином «лунный грунт» обычно обозначают фракцию менее 1 мм; средний размер её зёрен составляет 60–80 мкм, сортировка плохая или очень плохая вследствие отсутствия ветровых и водных процессов [1]. В грунте преобладают обломки изверженных и импактных пород, минеральные зёрна, импактное и вулканическое стекло и агглютинаты — частицы, сваренные ударным стеклом, не имеющие земных аналогов; их доля в среднем составляет 25–30 об. % и достигает около 65 об. % в зрелом грунте [1]. Медианная мощность реголита оценивается в 3–5 м в морских районах и 10–15 м в материковых [6].

Физико-механические свойства

Свойства реголита определяют условия его добычи. Плотность увеличивается с глубиной от 1,30 г/см³ на поверхности до 1,92 г/см³ на глубине более 1 м (рис. 1); верхние 10–15 см образуют рыхлый слой, поэтому его разработка существенно легче [2]. Пористость в плотной части разреза остаётся высокой (40–50 %), а сопротивление сдвигу превышает 2 кПа на глубине 1 м и 4 кПа ниже 2 м [2]. Вертикальные стенки траншей сохраняют устойчивость до глубины около 3 м [2].

Проиллюстрируем это на рис. 1.

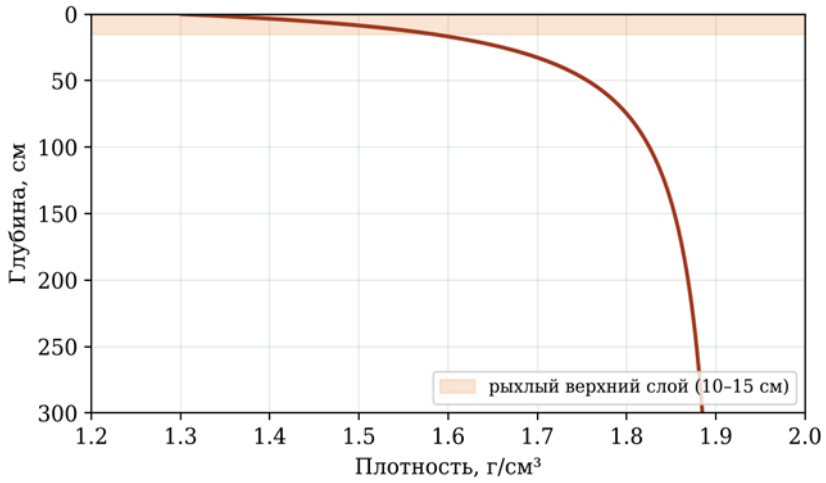

Рис. 1. **Изменение плотности реголита с глубиной (расчёт по зависимости $\rho = 1{,}92 \cdot (z + 12{,}2)/(z + 18)$, z — глубина в см) [2]**

Минеральный состав

Главные минералы реголита — плагиоклаз, пироксены, оливин и ильменит [1]. Лунные минералы представляют собой подмножество земных, однако отличаются отсутствием водосодержащих фаз (глин, слюд, амфиболов), трёхвалентного железа и карбонатов, редкостью кремнезёмных минералов и устойчивым присутствием самородного железа, что свидетельствует об аномально сухих и восстановительных условиях образования [1]. Плагиоклаз нагорий близок к анортиту (около An96) и беднее натрием земных аналогов [1]. Сведем данные нашего исследования в таблице 1.

Таблица 1. **Минералы реголита, значимые как сырьё**

Минерал	Формула	Сырьевое значение
Ильменит	$FeTiO_3$	Fe 36,8 %, Ti 31,6 % по формуле; в базальтах «Аполлона-11» и «-17» 15–24 об. % [1; 6]; основной источник железа, титана и кислорода
Анортит (плагиоклаз)	$CaAl_2Si_2O_8$	Источник Al, Si, Ca; доминирует в материковых районах [1; 6]
Пироксены	$(Ca,Mg,Fe)_2Si_2O_6$	Источник Mg, Fe, Ca, Si [1]
Оливин	$(Mg,Fe)_2SiO_4$	Источник Mg, Fe, Si [1]
Шпинели (хромит, улевёшпинель)	$(Fe,Mg)(Cr,Al,Ti)_2O_4$	До 10 об. % в отдельных базальтах; потенциальный источник Cr [1]
РЗЭ-мерриллит	$Ca_{16}(Mg,Fe)_2(РЗЭ)_2(PO_4)_{14}$	Главный минерал-носитель РЗЭ, до 10 % и более RE_2O_3 [1]

Валовый химический состав

Кислород составляет около 42 мас. % реголита, кремний — около 21 мас. % [6]. Содержания породообразующих оксидов существенно различаются между районами (табл. 2, рис. 2). Для задач ресурсной оценки предложена классификация по содержанию FeO: материковый (FeO < 8,6 мас. %), промежуточный (8,6–15,9 %) и морской (FeO > 15,9 %) типы грунта [6]. Сведем данные нашего исследования в таблице 2.

Таблица 2. **Валовый состав образцов лунного реголита, мас. %**

Оксид	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
SiO_2	42,2	46,3	48,1	46,8	45,1
TiO_2	7,8	3,0	1,7	1,2	0,54
Al_2O_3	13,6	12,9	17,4	14,6	27,3
FeO	15,3	15,1	10,4	14,3	5,1
MgO	7,8	9,3	9,4	11,5	5,7
CaO	11,9	10,7	10,7	10,8	15,7
Na_2O	0,47	0,54	0,70	0,39	0,46
K_2O	0,16	0,31	0,55	0,21	0,17
P_2O_5	0,05	0,40	0,51	0,18	0,11

В первоисточнике столбцы соотнесены с образцами миссий «Аполлон-12», «-14», «-15», «-16», «-17» (по данным Lunar Sourcebook); привязка к конкретным посадочным районам не использована в настоящей работе, что отображено на рисунке 2.

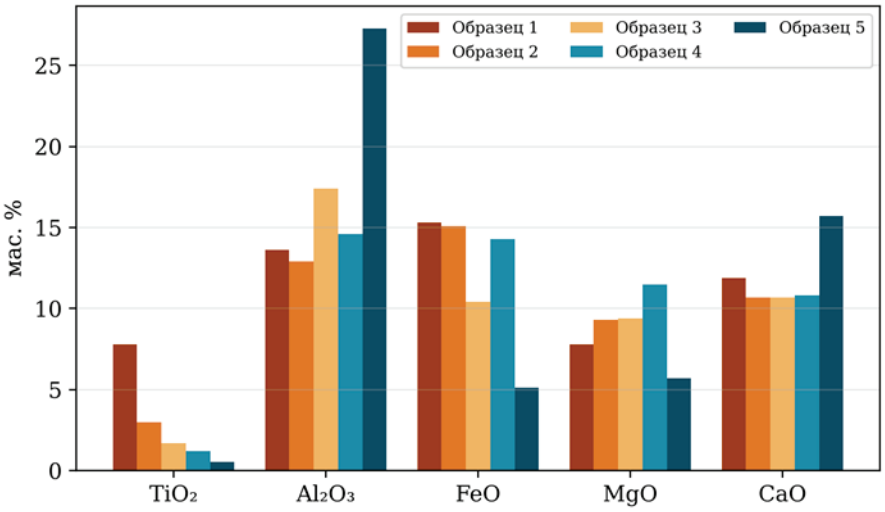

Рис. 2. **Содержание основных оксидов в представленных образцах**

Морские базальты богаты железом и титаном, материковые породы — алюминием и кальцием [1]. Морские базальты занимают около 17 % лунной поверхности, но составляют менее 1 % объёма коры [1], поэтому ильменитовое сырьё локализовано ограниченно. Ильменит является наиболее распространённым оксидом: в железистых морских базальтах его содержание составляет 10–25 мас. % [6].

КРИП-компонент и редкоземельные элементы

КРИП (KREEP) — компонент, обогащённый калием, редкоземельными элементами и фосфором, а также торием и ураном [1]. На видимой стороне Луны концентрации тория в ряде районов превышают хондритовые в 100–300 раз; базальты КРИП содержат высокоинкомпатибильные элементы в количествах от 90 (Lu) до 310 (Th, U) хондритовых [1]. Основным минералом-носителем РЗЭ является РЗЭ-мерриллит [1]. Сведений о промышленно значимых концентрациях РЗЭ в реголите изученные источники не содержат; рассматривать КРИП следует как перспективный объект дальнейшего изучения, но не как установленную рудную базу.

Возможность образования рудных концентраций

Земные месторождения оксидных минералов формируются преимущественно гидротермальным путём; на сухой Луне такие процессы маловероятны [1]. Теоретически возможно концентрирование плотных минералов (хромита, ильменита, минералов элементов платиновой группы) при гравитационном осаждении в магматических камерах, аналогично расслоённым интрузивам Стиллуотер и Бушвельд [1]; на практике такие тела на Луне не установлены.

Летучие компоненты

В постоянно затенённых полярных кратерах температура опускается ниже 50 К, что обеспечивает захват летучих. При ударе ступени Centaur в кратер Кабеус (эксперимент LCROSS, 2009 г.) в выбросе зафиксированы водяной пар, лёд и гидроксил; концентрация водяного льда в реголите оценена в 5,6 ± 2,9 мас. % [3]. Нейтронные данные прибора LEND указывают на содержание воды более 2 мас. %, т. е. примерно втрое меньше оценки LCROSS; расхождение объясняется модельной зависимостью оценок, глубиной отбора и пространственным разрешением (не лучше 10 км) [3]. Все данные исследования представлены в таблице 3.

Таблица 3. **Содержание летучих в выбросе LCROSS относительно H_2O(г) [3]**

Соединение	Столбцовая плотность, молекул/см²	% относительно H_2O
H_2O	$5{,}1\cdot10^{19}$	100
H_2S	$8{,}5\cdot10^{18}$	16,75
NH_3	$3{,}1\cdot10^{18}$	6,03
SO_2	$1{,}6\cdot10^{18}$	3,19
C_2H_4	$1{,}6\cdot10^{18}$	3,12
CO_2	$1{,}1\cdot10^{18}$	2,17
CH_3OH	$7{,}8\cdot10^{17}$	1,55
CH_4	$3{,}3\cdot10^{17}$	0,65

Наряду с водой в выбросе присутствуют соединения серы, азота и углерода, которые потенциально пригодны для получения расходных материалов [3]. Это существенно, поскольку содержание углерода в реголите мало (по данным «Аполлона-11» около 142–226 г/т [6]), и производство полимеров на месте затруднено. Физическое состояние полярных льдистых грунтов изучено слабо; лабораторные испытания мёрзлых имитаторов с 10–12 мас. % воды показали прочность, сопоставимую с известняком и песчаником, поэтому разработка такого сырья ближе к горным работам, чем к выемке сыпучего грунта [5].

Технологии извлечения и переработки

Обогащение

Для повышения содержания целевых минералов применяются гравитационная, магнитная и электростатическая сепарация; ильменит является основным объектом обогащения [6]. В экспериментах с магнитами на кварцевом песке содержание ильменита увеличивалось с 10 до 75 мас. % за три прохода, а оксидов железа — с 10 до 87 мас. % за два прохода; на имитаторе JSC-1A эффект был минимальным, на имитаторе NU-LHT-2M содержание железистых минералов выросло с 4 до 10,5 мас. % [6]. Электромагнитные свойства лунных минералов эмпирически изучены недостаточно [6].

Получение кислорода и металлов

Основные способы получения кислорода — восстановление ильменита водородом или CO, карботермическое восстановление оксидов железа и силикатов метаном и электролиз расплавленного реголита; во всех случаях образуются побочные продукты, которые могут использоваться как сырьё [4]. Сопоставление способов приведено в таблице 4.

Сравнительное моделирование трёх вариантов завода у южного полюса показало, что наиболее эффективно получение ферросилиция электролизом расплавленного реголита: установка массой 6776 кг и мощностью 311,34 кВт даёт за год 25 т металла и 23,9 т кислорода [6]. Производство низкоуглеродистой стали из ильменита целесообразно при его содержании в реголите более 7,5 мас. % [6]. Для MRE реакторы, рассчитанные на материковый реголит, на 33 % легче и требуют на 60 % меньше энергии, чем рассчитанные на морской [6]. Основная проблема MRE — коррозионное воздействие расплава на материал реактора; предложено решение в виде «холодностенного» реактора [6].

Строительное сырьё

Реголит пригоден для спекания и плавления без добавок. Предел прочности на сжатие спечённых материалов, по литературным данным, варьирует от 2,49 МПа при солнечном спекании до 25 МПа для плавленого реголита, сопоставимого с бетоном класса М25, и в среднем 94 МПа (56–216 МПа) для образцов, полученных лазерным плавлением ими-

Таблица 4. **Сравнение способов извлечения кислорода и металлов [4; 6]**

Способ	Температура	Результаты и показатели	Продукты
Восстановление ильменита H_2	около 1000 °C	$FeTiO_3 + H_2 \rightarrow Fe + TiO_2 + H_2O$; вода электролизуется, водород возвращается в цикл [6]	кислород, железо, TiO_2
Карботермическое восстановление	выше 1600 °C	выход кислорода до 28 мас. % в опытах; 11,3 мас. % в испытании на имитаторе при ~700 Вт; в 2010 г. 1,45 г/кВт·ч, в испытаниях CaRD 10,8–15,8 г/кВт·ч [6]	кислород, Fe, Si, стекло [4]
Электролиз в расплаве солей (FFC)	около 950 °C	извлечение кислорода до 96 %; сплавы Al/Fe, Fe/Si, Ca/Si/Al [6]	кислород, металлические сплавы
Электролиз расплавленного реголита (MRE)	1600–1800 °C	расчётный выход 0,15–0,375 кг O_2 на 1 кг реголита; одностадийный процесс [6]	кислород, Fe, Si, Al, Ti, стекло [4]
Кислотное выщелачивание	ниже, чем у расплавов	HCl-выщелачивание анортозита даёт SiO_2 и Al_2O_3; требует реагентов и защиты от кипения и замерзания кислот [6]	Si, Al, Fe, Ti (соединения)

татора EAC-1A [6]. Таким образом, из реголита можно изготавливать посадочные площадки, дороги и конструкции без доставки сырья с Земли. Предполагается также использование местных Si, Fe, TiO_2, Ca и Al (свыше 90 % материалов) для фотоэлектрических элементов, но эффективность изготовленных на месте элементов оценивается лишь в 5–10 % [6].

Ограничения и перспективы

Использование реголита как сырья ограничено следующими факторами. Во-первых, энергоёмкость: термические процессы требуют температур 1000–1800 °C и мощных источников энергии, а основным источником на Луне пока является Солнце; рассматриваются малые ядерные реакторы мощностью 40 кВт [6]. Во-вторых, абразивность частиц и лунная пыль, осложняющие эксплуатацию оборудования [2; 6]. В-третьих, недостаточная достоверность имитаторов: земные имитаторы воспроизводят химический и минеральный состав, но не форму частиц (острые агломераты), поэтому геотехнические испытания на них не вполне корректны [5]. В-четвёртых, ограниченность выборки: данные получены в нескольких экваториальных и среднеширотных районах, а свойства полярного реголита, возможно, отличаются (рыхлый слой до около 30 см) [5].

Перспективными направлениями являются: уточнение ресурсов льда и сопутствующих летучих; разработка методов обогащения ильменита; создание долговечных реакторов для электролиза расплава; изучение состава КРИП-районов для оценки редкоземельного потенциала; испытания технологий на лунной поверхности.

Заключение

1. Реголит — продукт ударной переработки пород; его сырьевые характеристики определяются типом района: морской реголит богат Fe и Ti (ильменит 10–25 мас. % в базальтах), материковый — Al и Ca (анортит) [1; 6].
2. Рудных концентраций металлов в земном понимании реголит не содержит; основная ценность — кислород (около 42 мас. %), доступный из оксидов и силикатов, а также побочные металлы и стекло [4; 6].
3. Наиболее ценным локальным ресурсом является водяной лёд полярных районов (оценка LCROSS 5,6 ± 2,9 мас. % при значительной неопределённости), сопровождаемый соединениями S, N и C [3].
4. Технологии получения кислорода (восстановление ильменита, карботермический процесс, электролиз) находятся на стадии лабораторных и опытных испытаний; решающими для их внедрения будут энергетика и стойкость оборудования [6].
5. Экспорт лунного сырья на Землю в изученных источниках не обсуждается как целесообразный; практическая перспектива связана с использованием ресурсов на месте.

Литература:

1. Understanding the lunar surface and space–Moon interactions / P. Lucey, R. L. Korotev, J. J. Gillis [и др.]. — Текст: непосредственный // Reviews in Mineralogy & Geochemistry. — 2006. — № Vol. 60. — С. 83–219.
2. Connolly J. An Engineering Guide to Lunar Geotechnical Properties / J. Connolly, W. D. Carrier. — Houston: NASA Johnson Space Center, 2022. — Текст: непосредственный.

3. Detection of water in the LCROSS ejecta plume / A. Colaprete, P. Schultz, J. Heldmann [и др.]. — Текст: непосредственный // Science. — 2010. — № Vol. 330, No. 6003. — С. 463–468.
4. Muscatello T. Oxygen Extraction from Minerals / T. Muscatello. — Текст: непосредственный // The Technology and Future of In-Situ Resource Utilization (ISRU): презентация на конф. — Orlando: NASA Kennedy Space Center, 2017.
5. ISECG Lunar Polar Volatiles Virtual Workshop #4: Lunar Volatiles Acquisition Technologies. Brief report. — Текст: электронный // NASA: [сайт]. — URL: lunarvolatiles.nasa.gov (дата обращения: 17.11.2026).
6. A Comprehensive Review of Lunar-based Manufacturing and Construction / M. Azami. — Текст: электронный // arXiv: [сайт]. — URL: https://arxiv.org/abs/2408.05823 (дата обращения: 17.11.2026).

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Нормы высева и минеральные подкормки ярового ячменя: обобщение исследований и расчет параметров посева для условий Предкамья Республики Татарстан

Гайфуллин Расим Раисович, аспирант
Научный руководитель: Семенов Павел Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет

В обзоре обобщены результаты исследований по влиянию норм высева и минеральных подкормок на формирование продуктивного стеблестоя и урожайность ярового ячменя, опубликованных в 1971–2026 гг., и выполнен расчет весовых норм высева для сортов, возделываемых в Предкамье Республики Татарстан. Показано, что в большинстве регионов оптимальная норма высева находится в пределах 4,0–4,5 млн всхожих зерен на 1 га, тогда как в условиях Канады оптимальный уровень составляет 250–350 всхожих семян на 1 м² для пленчатого ячменя и 450–550 семян на 1 м² для голозерного. Двурядные сорта формируют более высокую урожайность и массу 1000 зерен, многорядные превосходят их по числу зерен в колосе и требуют более осторожного подхода к загущению посева. Азотные подкормки повышают урожайность и содержание белка, но их эффективность снижается при избыточной густоте стеблестоя, а микроэлементные подкормки наиболее эффективны на фоне оптимальной нормы высева. Расчет показал, что при массе 1000 зерен 42–48 г и посевной годности 90–96 % норме 4,0 млн зерен на 1 га соответствует весовая норма 175–213 кг/га, а применяемые в производстве 220–260 кг/га соответствуют 4,5–6,0 млн зерен и выводят посев за пределы оптимума. Предложен порядок расчета нормы высева по массе 1000 зерен и посевной годности вместо использования усредненных весовых норм.

Ключевые слова: *яровой ячмень, двурядные и многорядные сорта, норма высева, весовая норма, посевная годность, продуктивный стеблестой, азотные и микроэлементные подкормки*

Введение

Яровой ячмень в Республике Татарстан остается одной из основных зернофуражных культур и по посевным площадям уступает только яровой пшенице. Урожайность его в производственных условиях существенно ниже потенциала возделываемых сортов, поэтому поиск приемов, позволяющих полнее реализовать продуктивность, не теряет актуальности. Среди таких приемов норма высева занимает особое положение: она не требует дополнительных затрат техники, но непосредственно определяет густоту стояния растений, а следовательно, и величину урожая.

Продуктивный стеблестой складывается из числа растений, сохранившихся к уборке, и их продуктивного кущения. Оба показателя находятся в обратной зависимости: при загущении посева растения меньше кустятся, формируют более короткий и менее озерненный колос, снижается масса 1000 зерен. При изреженном посеве, наоборот, возрастает продуктивность отдельного растения, но ее прибавка не всегда компенсирует недостаток стеблей на единице площади. Поэтому урожай описывается кривой с максимумом, положение которого зависит от почвенно-климатических условий, сорта и уровня минерального питания [1, 2].

Зарубежные исследования показывают, что реакция ячменя на норму высева неодинакова в разных агроэкологических условиях. В опытах в Онтарио урожай зерна практически не зависел от нормы высева в пределах 54–161 кг/га, тогда как число колосьев на единице площади закономерно возрастало при загущении, а число зерен в колосе снижалось; при этом отклик сортов на изменение ширины междурядий различался сильнее, чем на норму высева [3]. В южной Альберте нормы высева изучали совместно с датами посева и дозами азота, и было показано, что урожайность и качество зерна определяются совместным действием этих факторов, а не нормой высева как таковой [4]. В восточной Канаде оптимальная норма для пленчатого ячменя составила 250–350 всхожих семян на 1 м², для голозерного — 450–550 семян на 1 м², причем двурядные сорта формировали более высокую урожайность и более высокое содержание белка по сравнению с шестирядными [5].

В российских исследованиях оптимальные нормы высева ярового ячменя чаще всего оказываются выше. В центральной зоне Оренбургской области при изучении двурядного сорта Оренбургский 15 и многорядного Лакомб наибольшая урожайность обоих подвидов получена при норме 4,0 млн всхожих зерен на 1 га, дальнейшее загущение до 5,0 млн приводило к ее снижению [1]. В Республике Тыва лучшей признана норма 4,5 млн зерен на 1 га, обеспечивавшая наибольшие массу 1000 зерен и массу зерна с колоса [6]. В лесостепи Евро-Северо-Востока при изучении сорта Зазерский 85 увеличение нормы с 4,5–5,0 до 5,5 млн зерен на 1 га снижало урожайность на 0,61–0,70 т/га, а наибольший сбор обеспечили нормы 4,5 и 5,0 млн на фоне азотных подкормок [7]. Для многорядного ячменя в Курской области и лесостепи Черноземья преимущество оставалось за средними нормами высева, а загущение сопровождалось снижением продуктивности колоса [8, 9]. В Поволжье нормы высева изучены на сортах местной селекции, и наибольшую отзывчивость проявили сорта, формирующие высокий продуктивный стеблестой при норме 4,0–4,5 млн зерен на 1 га [10, 11]. Для Предкамья Республики Татарстан обобщенных данных о нормах высева современных двурядных и многорядных сортов в литературе не обнаружено.

Отдельного внимания заслуживает практическая сторона вопроса. Норму высева в хозяйствах традиционно задают в килограммах на гектар, тогда как результаты исследований и агрономические рекомендации формулируются в миллионах всхожих зерен на гектар. Пересчет одной величины в другую зависит от массы 1000 зерен и посевной годности семян, которые изменяются от сорта к сорту и от партии к партии. Использование усредненной весовой нормы без такого пересчета приводит к тому, что фактическая густота посева отклоняется от оптимальной, а результаты опытов не воспроизводятся в производстве. Цель настоящей работы состояла в обобщении опубликованных данных о влиянии норм высева и минеральных подкормок на формирование продуктивного стеблестоя и урожайность ярового ячменя, а также в расчете весовых норм высева для сортов, возделываемых в Предкамье Республики Татарстан.

Условия, материалы и методы

Объектом обобщения служили публикации 1971–2026 гг., содержащие результаты полевых опытов по изучению норм высева и минерального питания ярового ячменя. Всего проанализировано 28 источников, из них 18 на русском языке и 4 зарубежных, остальные — нормативные и методические документы. Критериями включения служили наличие полевого опыта, явное указание изучавшихся норм высева и приведение урожайности в сопоставимых единицах.

Расчетную часть выполняли по общепринятой формуле определения весовой нормы высева, которую записывали в виде:

$$НВ = К \times М1000 \times 100 / ПГ, \quad (1)$$

где НВ — весовая норма высева, кг/га; К — заданное число всхожих зерен, млн/га; М1000 — масса 1000 зерен, г; ПГ — посевная годность семян, %, которая определяется как произведение всхожести и чистоты, деленное на 100. Расчеты выполняли для диапазона массы 1000 зерен 42–48 г и посевной годности 90–96 %, характерного для сортов ярового ячменя, возделываемых в Предкамье, а также для норм высева от 3,0 до 6,0 млн зерен на 1 га.

Сведения о массе 1000 зерен и хозяйственно ценных признаках сортов принимали по данным Государственного реестра селекционных достижений, допущенных к использованию, и по материалам оригинаторов сортов [12]. Показатели качества семян, используемые в расчетах, определяют по действующим стандартам: всхожесть и чистоту — по ГОСТ 12038–84 [13], массу 1000 зерен — по ГОСТ 10842–89 [14]. Статистическую обработку опубликованных данных не проводили, поскольку первичные результаты опытов в источниках представлены в разной форме; ограничивались сопоставлением приведенных авторами значений и оценкой их согласованности. Закладку и оценки будущего полевого опыта предполагается выполнять по методике государственного сортоиспытания [15] и методике полевого опыта [16].

Результаты и обсуждение

Норма высева влияет на урожайность не напрямую, а через ряд последовательно связанных показателей. Сначала она определяет число высеянных семян, затем полевую всхожесть и густоту всходов, далее сохранность растений к уборке и, наконец, продуктивный стеблестой. На каждом из этих этапов действуют компенсаторные механизмы, благодаря которым посев с определенной свободой «подстраивает» густоту под условия произрастания. Именно поэтому в широком диапазоне норм урожайность изменяется слабее, чем густота стеблестоя, и кривая урожайности имеет пологий максимум [1, 3]. Фотосинтетические и структурные параметры разнобиологических сортов при изменении нормы высева перестраиваются согласованно, что подтверждено прямыми измерениями площади листьев и числа стеблей [17].

Сводка опубликованных данных приведена в таблице 1. Несмотря на различия в почвенных и погодных условиях, в российских исследованиях оптимальные нормы группируются в интервале 4,0–4,5 млн всхожих зерен на 1 га. Более низкие оптимальные величины, полученные в канадских опытах, объясняются тем, что там норму высева выражают числом всхожих семян на 1 м² при высокой полевой всхожести и коротком периоде кущения, а также тем, что для пленчатого ячменя часть прибавки урожая достигается за счет увеличения массы 1000 зерен, а не числа колосьев [4, 5].

Второй важный вывод касается различий между подвидами. Двурядные сорта формируют более крупное и выполненное зерно, поэтому загущение посева снижает у них

Таблица 1. **Оптимальные нормы высева ярового ячменя по данным разных исследований**

Регион, годы	Сорта и подвиды	Изученные нормы	Оптимум	Источник
Оренбургская область, 2005–2007	Оренбургский 15 (двурядный), Лакомб (многорядный)	2,0–5,0 млн зерен/га	4,0 млн зерен/га	[1]
Республика Тыва, 2019–2021	Сорта ярового ячменя	Различные нормы	4,5 млн зерен/га	[6]
Курская область	Многорядный ячмень	Средние и повышенные нормы	Средняя норма	[8]
Лесостепь Черноземья	Многорядный ячмень	Различные нормы	Средняя норма	[9]
Южная Альберта, Канада	Пивоваренный ячмень	200 и 400 семян/м²	Зависит от доз азота	[4]
Восточная Канада	Пленчатый и голозерный ячмень	250–550 семян/м²	250–350 / 450–550 семян/м²	[5]

массу 1000 зерен быстрее, чем у многорядных, и верхняя граница оптимальной нормы для них ниже. Многорядные сорта обладают большим числом колосков на колосовом стержне и лучше переносят некоторое загущение, однако ожидаемого преимущества при разреженном посеве за счет повышенного кущения они не реализуют: в оренбургских опытах многорядный Лакомб, вопреки ожиданиям, максимальную урожайность сформировал при той же норме 4,0 млн зерен на 1 га, что и двурядный Оренбургский 15 [1]. Канадские данные также показывают, что двурядные сорта превосходят шестирядные по урожайности и содержанию белка при одинаковых нормах высева, а голозерные формы для реализации потенциала требуют существенно более густого посева [5].

Третий аспект связан с минеральными подкормками. Азотные подкормки повышают урожайность и содержание белка, причем в канадских опытах прибавка сохранялась при увеличении доз до 120 кг/га, а различия между сортами проявлялись в разной степени накопления белка в зерне [4]. Однако эффективность азота снижается по мере загущения посева: при высокой густоте стеблестоя возрастает конкуренция за воду и свет, усиливается риск полегания, а часть азота расходуется на формирование вегетативной массы в ущерб наливу зерна. Это означает, что подкормки не компенсируют ошибку в норме высева, а работают лишь на оптимальном фоне густоты. В лесостепи Алтайского края продуктивность сортов определялась именно совместным действием нормы высева и уровня азотного питания: при низком азотном фоне прибавка от загущения была минимальной [18].

Микроэлементные подкормки положительно влияют на рост и развитие ярового ячменя, что убедительно показано в полевых опытах с различными видами микроудобрений [19]. Наибольший эффект они дают при сбалансированном азотном питании и оптимальной густоте посева, поскольку именно в этих условиях растения наиболее отзывчивы на устранение дефицита элементов питания. Совместное применение азотных и микроэлементных подкормок в технологии возделывания ячменя следует рассматривать как единый блок приемов, подчиненный задаче формирования заданного продуктивного стеблестоя, а не как самостоятельные мероприятия [19, 20].

Перейдем к расчетной части. Посевная годность семян, входящая в формулу (1), объединяет всхожесть и чистоту и показывает долю всхожих семян в массе партии. При типичных для кондиционных семян значениях чистоты 98–99 % и всхожести 92–97 % посевная годность составляет 90–96 %. Масса 1000 зерен у возделываемых в Предкамье сортов ярового ячменя варьирует в пределах 42–48 г: у двурядных сортов она выше, у многорядных ниже [12]. Результаты расчета для нормы 4,0 млн всхожих зерен на 1 га приведены в таблице 2.

Таблица 2. **Весовая норма высева, кг/га, при 4,0 млн всхожих зерен на 1 га**

Масса 1000 зерен, г	ПГ 90 %	ПГ 92 %	ПГ 94 %	ПГ 96 %
42	187	183	179	175
44	196	191	187	183
46	204	200	196	192
48	213	209	204	200

Из таблицы 2 видно, что одна и та же норма 4,0 млн зерен на 1 га при массе 1000 зерен 42 г и посевной годности 96 % соответствует 175 кг/га, а при массе 48 г и посевной годности 90 % — уже 213 кг/га. Разница составляет 38 кг/га, то есть около 20 %. Именно эта величина и теряется при использовании усредненной нормы высева, если она не пересчитывается на конкретную партию семян. В производственной практике для ярового ячменя

в Предкамье обычно принимают норму 200–240 кг/га, что при указанных параметрах семян соответствует примерно 4,2–5,3 млн зерен на 1 га. Таким образом, часть посевов высевается с нормой, превышающей оптимальную, а перерасход семян достигает 15–30 кг/га.

Обобщение показывает, что задача оптимизации нормы высева для условий Предкамья не сводится к выбору одного числа. Требуется, во-первых, дифференцировать норму по подвиду сорта: для двурядных сортов с массой 1000 зерен 46–48 г верхнюю границу целесообразно ограничить 4,5 млн зерен на 1 га, для многорядных с массой 42–44 г допустимо смещение к 4,5–5,0 млн при условии достаточного увлажнения. Во-вторых, норму необходимо пересчитывать в весовую для каждой партии семян, а не заимствовать из справочников. В-третьих, решение о загущении следует принимать совместно с планом подкормок, поскольку азот и микроэлементы реализуют свой потенциал только на оптимальном по густоте посеве.

Выводы

Обобщение 28 публикаций 1971–2026 гг. показало, что в российских условиях оптимальная норма высева ярового ячменя для большинства изученных сортов находится в пределах 4,0–4,5 млн всхожих зерен на 1 га; в условиях Канады оптимальный уровень ниже и составляет 250–350 всхожих семян на 1 м² для пленчатого ячменя и 450–550 семян на 1 м² для голозерного.

Двурядные сорта превосходят многорядные по урожайности, массе 1000 зерен и содержанию белка, тогда как многорядные формируют больше зерен в колосе; ожидаемого преимущества при разреженном посеве за счет повышенного кущения многорядные сорта не реализуют. Верхняя граница оптимальной нормы для двурядных сортов ниже, чем для многорядных.

Расчет по формуле (1) показал, что норме 4,0 млн всхожих зерен на 1 га при массе 1000 зерен 42–48 г и посевной годности 90–96 % соответствует весовая норма 175–213 кг/га. Применяемые в производстве 200–240 кг/га при этих параметрах семян соответствуют 4,2–5,3 млн зерен на 1 га, то есть в значительной части случаев выводят посев за пределы оптимума. Для условий Предкамья Республики Татарстан целесообразно рассчитывать весовую норму высева отдельно для каждого сорта и каждой партии семян, ограничивая норму 4,0–4,5 млн всхожих зерен на 1 га.

Литература:

1. Ярцев Г. Ф., Байкасенов Р. К., Бадреев Р. М. Урожайность и технологические показатели зерна различных подвидов ячменя // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2009. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/urozhaynost-i-tehnologicheskie-pokazateli-zerna-razlichnyh-podvidov-yachmenya (дата обращения: 09.11.2026).
2. Хоконова М. Б., Кудаев Р. Х., Бжеумыхов В. С., Кашукоев М. В., Расулов А. Р. Влияние норм высева на урожай и качество ячменя // Проблемы развития АПК региона. — 2022. — № 2 (50). — С. 116–120. DOI: 10.52671/20790996_2022_2_116.
3. Finlay R. C., Reinbergs E., Daynard T. B. Yield response of spring barley to row spacing and seeding rate // Canadian Journal of Plant Science. — 1971. — Vol. 51, N 6. — P. 527–533. DOI: 10.4141/cjps71–101.
4. McKenzie R. H., Middleton A. B., Bremer E. Fertilization, seeding date, and seeding rate for malting barley yield and quality in southern Alberta // Canadian Journal of Plant Science. — 2005. — Vol. 85, N 3. — P. 603–614. DOI: 10.4141/p04–152.
5. Khanal R., Mills A. Optimum seeding rates for hulless barley production in eastern Canada // Canadian Journal of Plant Science. — 2022. DOI: 10.1139/CJPS-2022–0114.
6. Ламажап Р. Р. Урожайность ярового ячменя в зависимости от норм высева и сроков посева в условиях Республики Тыва // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. — 2022. — № 12 (189). — С. 26–31. DOI: 10.36718/1819–4036–2022–12–26–31.
7. Артемьев А. А., Ибрагимова Г. Н. Продуктивность ярового ячменя при разных нормах высева и дозах удобрений // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — 2024. — Т. 25, № 4. — С. 571–582. DOI: 10.30766/2072–9081.2024.25.4.571–582.
8. Семыкин В. А., Пигорев И. Я., Петренко Н. Н., Агеева А. А. Оптимальная норма посева многорядного ячменя — основа его продуктивности в условиях Курской области. — 2013. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnaya-norma-poseva-mnogoryadnogo-yachmenya-osnova-ego-produktivnosti-v-usloviyah-kurskoy-oblasti (дата обращения: 09.11.2026).
1. Пигорев И. Я., Тарасов А. А., Ишков И. В. Многорядный ячмень в условиях Черноземья лесостепи. — 2017. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/mnogoryadnyy-yachmen-v-usloviyah-chernozemya-lesostepi (дата обращения: 09.11.2026).
2. Горянин О. И., Пронович Л. В., Джангабаев Б. Ж. Оптимизация норм высева ярового ячменя в Поволжье // Аграрный научный журнал. — 2023. — № 11. — С. 44–50. DOI: 10.28983/asj.y2023i11pp44–50.
3. Владимиров В. П., Гареев И. Р., Бизянов С. Я. Продуктивность и качество зерна ячменя в зависимости от норм высева и расчетных доз удобрений в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. — 2019. — № 3 (10). — С. 21–26. DOI: 10.17022/800m-6792.
4. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. — URL: https://gossortrf.ru/gosreestr/ (дата обращения: 09.11.2026).

5. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. — М.: Изд-во стандартов, 1984.
6. ГОСТ 10842–89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. — М.: Изд-во стандартов, 1989.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть. — М.: Колос, 1985. — 269 с.
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
9. Ярцев Г. Ф., Бадреев Р. М. Фотосинтетические и структурные параметры разнобиологических сортов ярового ячменя в зависимости от норм высева в учхозе ОГАУ. — 2006. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/fotosinteticheskie-i-strukturnye-parametry-raznobiologicheskih-sortov-yarovogo-yachmenya-v-zavisimosti-ot-norm-viseva-v-uchhoze-ogau (дата обращения: 09.11.2026).
10. Кузикеев Ж. В., Борадулина В. А., Мусалитин Г. М., Кузикеева А. П. Формирование продуктивности и качества зерна сортов ярового ячменя в зависимости от норм высева и уровня азотного питания в лесостепи Алтайского края // Достижения науки и техники АПК. — 2022. — Т. 36, № 3. — С. 74–78. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_3_74.
11. Минченко и др. Эффективность микроэлементных удобрений при возделывании ярового ячменя // Агрохимия. — 2023. — № 8. — URL: https://sciencejournals.ru/view-article/?j=agro&y=2023&v=0&n=8&a=Agro2308008Minchenko (дата обращения: 09.11.2026).
12. Еряшев А. П., Саулин А. А. Изменение продуктивности многорядного ячменя в зависимости от сорта и нормы высева. — 2013. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/izmenenie-produktivnosti-mnogoryadnogo-yachmenya-v-zavisimosti-ot-sorta-i-normy-vyseva (дата обращения: 09.11.2026).

Особенности учета количественных и качественных характеристик земель сельскохозяйственного назначения в Российской Федерации

Сонина Татьяна Денисовна, студент
Научный руководитель: Волков Алексей Васильевич, кандидат технических наук, доцент
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье рассматриваются особенности учёта количественных и качественных характеристик земель сельскохозяйственного назначения. Показано, что количественные сведения сосредоточены в ЕГРН и НСПД, а качественные — в ЕФГИС ЗСН и сервисах НСПД, причём доступ к ним ограничен: агрохимические показатели представлены лишь по 4–7 % пахотных земель. Сделан вывод о необходимости привязки результатов почвенных изысканий к количественным данным через открытый геосервис при НСПД для повышения инвестиционной привлекательности аграрного сектора.

Ключевые слова: *земли сельскохозяйственного назначения, ЕГРН, качественные характеристики почв, плодородие, цифровое управление земельными ресурсами.*

Specifics of recording quantitative and qualitative characteristics of agricultural land in the Russian Federation

This article examines the specifics of recording quantitative and qualitative characteristics of agricultural land. It is shown that quantitative data are consolidated within the Unified State Register of Real Estate (EGRN) and the National Spatial Data System (NSPD), while qualitative data are held in the Unified Federal State Information System for Agricultural Land (EFGIS ZSN) and via NSPD services; however, access to this information is limited, with agrochemical indicators available for only 4–7 % of arable land. The study concludes that, in order to enhance the investment attractiveness of the agricultural sector, it is necessary to link the results of soil surveys with quantitative data through an open-access geoservice integrated into the NSPD.

Keyword: agricultural land, Unified State Register of Real Estate, EGRN, qualitative soil characteristics, soil fertility, digital land resource management.

Земельный участок в сфере сельского хозяйства выступает не только как объект недвижимости, но и как основное средство производства, продуктивность которого напрямую зависит от качества (плодородия) почв. Несмотря на достаточные инвестиции государства в создание информационных платформ и систем учета,

данные о количественных и качественных характеристиках земель сельскохозяйственного назначения остаются разрозненными и труднодоступными для широкого круга лиц: фермеров, инвесторов, сельских товаропроизводителей и иных физических и юридических лиц.

Учет количественных характеристик земельных участков представляет собой фиксацию сведений об их местоположении, площади и иных сведений, позволяющих идентифицировать объект недвижимости, налогообложения и совершения сделок. Основным источником таких сведений является Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН). Открытые данные о земельном участке можно найти с помощью Публичной кадастровой карты на базе Национальной системы пространственных данных (НСПД). Этот сервис позволяет любому заинтересованному лицу получить базовые данные интересующего участка: его кадастровый номер, границы, площадь, кадастровую стоимость, категорию земель, вид разрешенного использования, форму собственности. Следует отметить, что полнота количественного учета ограничена — земли, не поставленные на учет, а также ранее учтенные земельные участки остаются без установленных границ в соответствии с требованиями современного законодательства, что создает информационные пробелы.

В отличие от количественных характеристик, учет качественных показателей с целью определения продуктивности земель сельскохозяйственного назначения охватывает значительно больший набор критериев (таблица 1) [1, С. 2–4].

Таблица 1. **Качественные характеристики земель сельскохозяйственного назначения**

Группа	Параметры
Агрофизические	Гранулометрический состав, плотность сложения, влажность
Агрохимические	Содержание гумуса, NPK, кислотность (pH), засоленность, загрязнение тяжелыми металлами
Биологические	Биологическая активность почвы, состояние растительного покрова
Природно-хозяйственные	Эрозия, переувлажнение, культуртехническое состояние

Данные о качественном состоянии земель сельскохозяйственного назначения в соответствии с действующим законодательством осуществляется в Единой федеральной государственной информационной системе о землях сельскохозяйственного назначения (ЕФГИС ЗСН), а также на специализированных сервисах при Национальной системе пространственных данных (НСПД).

Согласно уставным документам, ЕФГИС ЗСН должна обеспечивать полный и систематизированный учет как количественных, так и качественных характеристик всех земель данной категории [3]. При анализе фактического интерфейса и доступных пользователю разделов системы можно обнаружить существенное расхождение между заявленными целями и реализацией: в открытом доступе предоставляется возможность регистрации (учета) земель в отношении количественных характеристик и только тех земельных участков, которые находятся в частной собственности (рисунок 1).

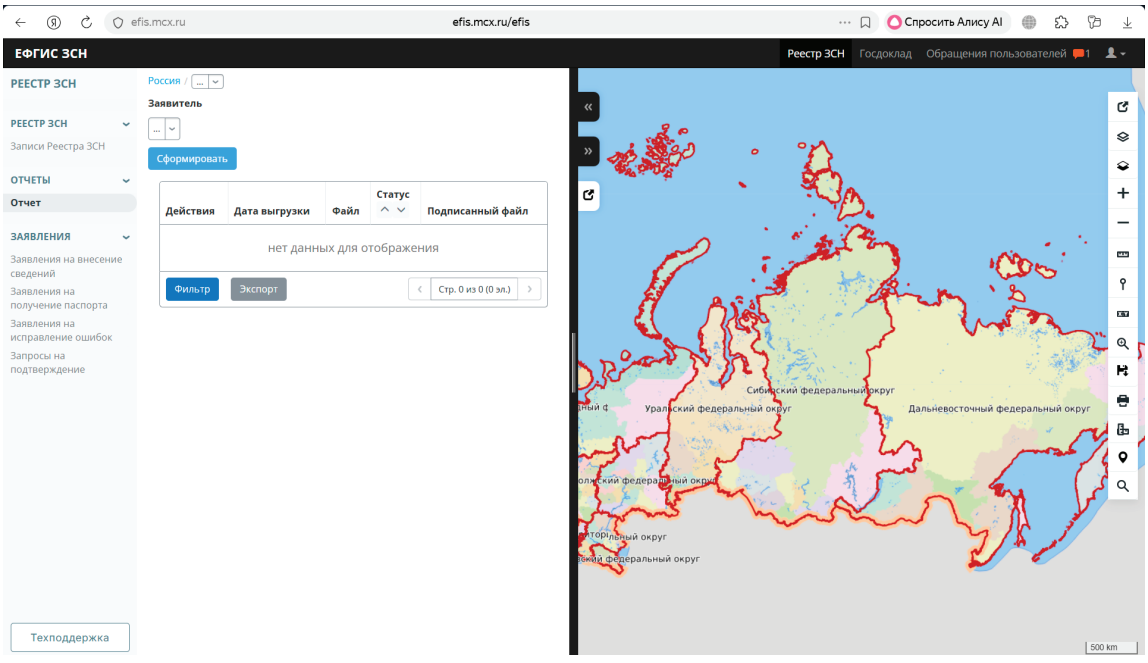

Рис. 1. **Интерфейс ЕФГИС ЗСН**

Анализ специализированных сервисов при НСПД для поддержки сельского хозяйства также выявляет ограниченность доступной информации. Из 20 реализованных сервисов только один («Земля для фермеров») содержит сведения, относящиеся к использованию земель сельскохозяйственного назначения. Однако, данный сервис представляет лишь информацию о наличии свободных земельных участков в конкретном муниципальном образовании без раскрытия их агрономической ценности — содержания гумуса, подверженности негативным процессам.

Анализ годовых докладов Министерства сельского хозяйства о состоянии и использовании земель показывает, что сведения о содержании гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, кислотности почв представлены лишь по 4–7 % от общего количества пахотных земель (таблица 2) [2, С.40].

Таблица 2. **Площади исследуемых земель по выявлению качественных характеристик**

Качественная характеристика	Вид исследуемых земель	Общее кол-во (тыс. га.)	Площадь исследуемых земель (тыс. га.)	% исследуемых земель от общего количества
Содержание гумуса	используемые пахотные угодья	116193	4981,2	4,29
	неиспользуемые пахотные угодья	16 937	1096,3	6,47
Кислотность почв	используемые пахотные угодья	116193	5088,2	4,38
	неиспользуемые пахотные угодья	16 937	1107,1	6,54
Содержание подвижного фосфора	используемые пахотные угодья	116193	5067,6	4,36
	неиспользуемые пахотные угодья	16 937	1082,7	6,39
Содержание обменного калия	используемые пахотные угодья	116193	4878,9	4,20
	неиспользуемые пахотные угодья	16 937	1054,2	6,22

Это означает, что большинство неиспользуемых пахотных угодий не имеют актуальных сведений об их состоянии, что делает проблематичным их объективную оценку при принятии решений о вовлечении в оборот, планировании мелиоративных мероприятий и определения продуктивности.

Таким образом, в настоящее время данные о количественных и качественных характеристиках земель сельскохозяйственного назначения располагаются на разных порталах разных ведомств, а открытый доступ к качественным показателям ограничен, из-за чего затруднительно оценить плодородие конкретного земельного участка. В условиях, когда инвестор не может получить достоверные сведения о состоянии угодий, он вынужден полагаться на собственные обследования, что снижает инвестиционную привлекательность аграрного сектора.

Для устранения выявленных информационных разрывов необходимо нормативно закрепить привязку результатов почвенных, агрохимических и иных изысканий к количественным данным путем создания геосервиса при НСПД с открытым доступом для заинтересованных лиц. Предложенный комплекс мер создаст основу цифрового управления земельными ресурсами, что необходимо для вовлечения неиспользуемых земель в хозяйственный оборот и укрепления продовольственной безопасности Российской Федерации.

Литература:

1. Об утверждении перечня показателей состояния земель сельскохозяйственного назначения: Приказ Минсельхоза России от 21.03.2025 № 181
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2024 году: ФГБНУ «Росинформагротех», 2025. — 352 с.
3. Об утверждении Устава федерального государственного бюджетного учреждения «Российский центр государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения»: Приказ Минсельхоза России от 05.08.2026 № 533

Взаимосвязь роста сельского хозяйства с устойчивым развитием сельских территорий

Форманчук Георгий Николаевич, студент магистратуры
Красноярский государственный аграрный университет

В статье исследуется взаимосвязь развития сельского хозяйства и устойчивого развития сельских территорий. Систематизированы основные каналы влияния аграрного сектора на занятость, доходы, инфраструктуру и качество сельской среды, рассмотрены российские практики комплексного развития. На материалах Красноярского края показано, что производственный рост в сельском хозяйстве способен формировать территориальный эффект, однако его масштаб зависит от кадровой обеспеченности, локализации добавленной стоимости и состояния социальной и инженерной инфраструктуры.

Ключевые слова: *сельское хозяйство, устойчивое развитие, сельские территории, агропромышленный комплекс, занятость, инфраструктура, Красноярский край.*

Устойчивое развитие сельских территорий представляет собой комплексный процесс, в котором экономическая база, занятость, демографическая устойчивость, доступность инфраструктуры и качество среды проживания образуют взаимозависимую систему. В российском законодательстве данная взаимосвязь закреплена непосредственно: Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства» связывает устойчивое развитие сельских территорий со стабильным социально-экономическим развитием, ростом сельскохозяйственного производства и его эффективности, рациональным использованием земель, полной занятостью сельского населения и повышением уровня его жизни [1]. Следовательно, развитие сельского хозяйства рассматривается не только как отраслевой результат, но и как один из факторов воспроизводства сельской территории.

В научной литературе эта связь трактуется как двусторонняя. С одной стороны, сельскохозяйственное производство влияет на территорию через рабочие места, заработную плату, инвестиции, налоговую базу, спрос на транспорт, ремонт, строительство, торговлю и иные услуги. С другой стороны, состояние самой территории определяет доступность кадров, качество логистики, инженерной инфраструктуры и социальной среды, то есть формирует условия функционирования предприятий [2]. Поэтому устойчивое развитие сельской местности не является автоматическим следствием увеличения выпуска продукции. А. А. Солдатов рассматривает сельскохозяйственное производство как один из элементов более широкой системы показателей устойчивого развития [3]. А. И. Алтухов связывает пространственное развитие сельского хозяйства с состоянием сельских территорий и продовольственной безопасностью [4].

Цель исследования состоит в выявлении основных механизмов, посредством которых развитие сельского хозяйства связано с устойчивым развитием сельских территорий, и в проверке их проявления на материалах российских регионов и Красноярского края. Использованы сравнительный и экономико-статистический методы, анализ рядов динамики и относительных показателей. Информационную основу составили официальные данные Управления Федеральной службы государственной статистики и его подразделения по Красноярскому краю, Министерства сельского хозяйства Красноярского края и органов государственной власти субъектов Российской Федерации. При оценке взаимосвязи принципиально учитывались не только производственные показатели, но также заработная плата, инвестиции, кадровая обеспеченность и инфраструктурные характеристики.

Можно выделить несколько основных каналов, через которые аграрный сектор воздействует на сельскую территорию. Они представлены в таблице 1.

Ключевым критерием наличия устойчивой взаимосвязи является не совпадение двух восходящих трендов, а наличие экономического механизма передачи эффекта. Если рост сельскохозяйственного производства сопровождается увеличением производительности и фонда оплаты труда, расширением переработки, созданием рабочих мест, развитием локальных поставщиков и инфраструктуры, можно говорить о формировании территориального эффекта. Если же выпуск растет за счет высокой капиталоемкости при сокращении занятости и вывозе сырья за пределы территории, связь с качеством жизни сельского населения может оставаться слабой.

Государственная программа «Комплексное развитие сельских территорий» институционально закрепляет необходимость сочетать развитие экономической базы с жилищным строительством, благоустройством, транспортной и инженерной инфраструктурой [5]. Российская практика показывает несколько вариантов реализации такого подхода. Очень показательны модели Республики Татарстан, Белгородской и Калужской областей, поскольку в них развитие АПК сопровождается мерами, непосредственно влияющими на условия проживания и занятости.

В Республике Татарстан в 2024 г. общий объем финансирования мероприятий комплексного развития сельских территорий составил 5,3 млрд руб. Средства позволили ввести жилье для 128 семей, благоустроить 92 общественных пространства в 38 муниципальных районах, привести в нормативное состояние 44 км автомобильных дорог, включая подъезды к объектам АПК, и реализовать социальные и инфраструктурные проекты. В 2025 г. финанси-

Таблица 1. **Основные каналы взаимосвязи сельского хозяйства и устойчивого развития сельских территорий**

Канал взаимосвязи	Показатели развития сельского хозяйства	Территориальный результат
Трудовой	занятость; заработная плата; потребность в кадрах	доходы населения; закрепление трудоспособных жителей; миграционная привлекательность
Инвестиционно-производственный	инвестиции; производительность; ввод новых мощностей	расширение экономической базы; спрос на строительство, транспорт и услуги
Цепочки добавленной стоимости	переработка; хранение; кооперация; локальные закупки	новые рабочие места; развитие малого бизнеса; закрепление доходов внутри территории
Инфраструктурный	потребность предприятий в дорогах, энергии, связи, жилье для работников	модернизация инженерной и социальной среды; снижение издержек бизнеса и населения
Обратное влияние территории	доступность жилья, образования, медицины, транспорта и цифровой связи	кадровая обеспеченность; инвестиционная привлекательность; устойчивость производства

Источник: составлено автором на основе [2–4].

рование программы составило 4,1 млрд руб.; одновременно при государственной поддержке было построено 80 новых мини-ферм [6]. В данном случае производственная и территориальная политика реализуются параллельно: сельскохозяйственный бизнес получает инфраструктуру и кадры, а территория — занятость и объекты жизненной среды.

В Белгородской области сельское хозяйство официально характеризуется как системообразующая сфера, формирующая трудовой и поселенческий потенциал сельских территорий. При 1,3 % общероссийской площади пашни регион производит около 4 % сельскохозяйственной продукции страны [7]. Дополнительный интерес представляет опыт программы «Семейные фермы Белогорья»: к концу 2016 г. действовало около 5 тыс. семейных предприятий, производивших товаров и услуг более чем на 14 млрд руб.; за два года было зарегистрировано 28 сельскохозяйственных потребительских кооперативов [8]. Такой подход усиливает локализацию доходов и создает дополнительные экономические связи внутри сельских поселений.

Калужская область демонстрирует модель технологической интенсификации, дополненной инфраструктурной и кадровой политикой. В 2025 г. производство молока превысило 624 тыс. т, средний надой составил 10 620 кг на корову; одновременно началась реализация комплексных проектов развития пяти опорных сельских населенных пунктов, предусматривающих улучшение условий жизни и работы [9]. Сопоставление рассмотренных практик приведено в таблице 2.

Общим элементом лучших практик является закрепление части создаваемой в АПК добавленной стоимости внутри территории. Она преобразуется в заработную плату, занятость, местные закупки, переработку, инфраструктурные инвестиции и налоговые поступления. Именно этот механизм отличает комплексное развитие от простого увеличения физического объема сельскохозяйственной продукции.

Для проверки выявленных закономерностей рассмотрим Красноярский край. Регион характеризуется большой территорией, значительными расстояниями между производственными зонами и рынками, а также выраженной природно-климатической неоднородностью. Динамика индекса производства продукции сельского хозяйства в 2015–2023 гг. была неустойчивой: годы роста чередовались со снижением. Расчет по цепным индексам показывает, что к 2023 г. физический объем сельскохозяйственного производства в крае был примерно на 7,1 % выше уровня 2014 г., тогда как по Российской Федерации накопленный прирост составил около 28,6 % [10]. Динамика показателя представлена на рис. 1.

Таблица 2. **Российские практики взаимосвязанного развития сельского хозяйства и сельских территорий**

Регион	Производственный результат	Территориальный механизм
Республика Татарстан	80 новых мини-ферм в 2025 г.; государственная поддержка малых форм хозяйствования [6]	жилье, общественные пространства, дороги к объектам АПК, социальная и инженерная инфраструктура
Белгородская область	около 4 % сельхозпродукции РФ; развитие семейных предприятий и кооперации [7; 8]	локализация доходов, предпринимательская занятость, включение малых хозяйств в переработку и сбыт
Калужская область	более 624 тыс. т молока в 2025 г.; 10 620 кг молока на корову [9]	комплексное развитие опорных населенных пунктов, повышение привлекательности сельской занятости и закрепление кадров

Источник: составлено автором по официальным материалам органов власти субъектов Российской Федерации [6–9].

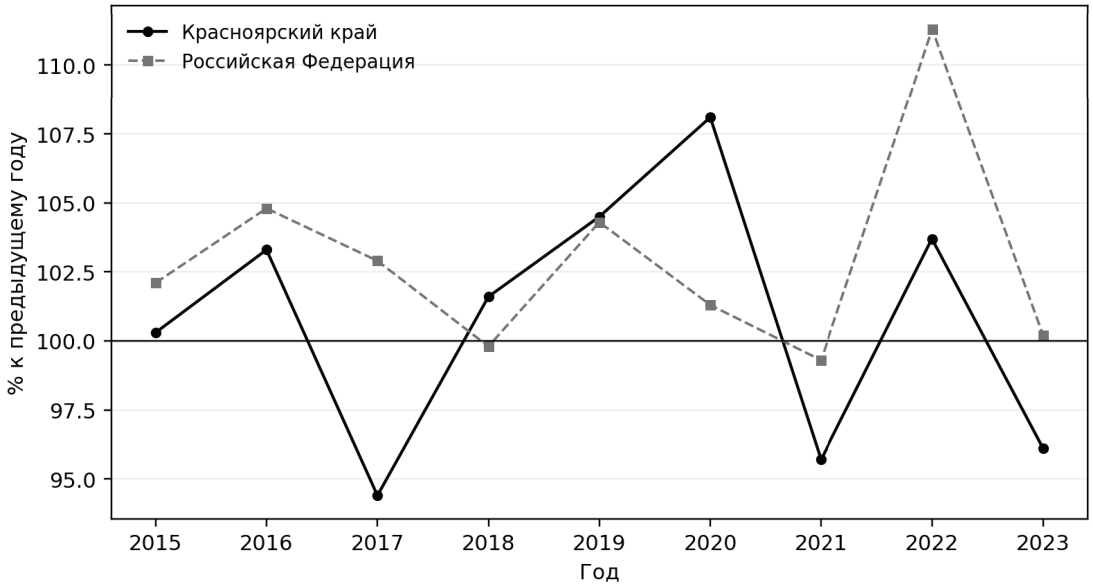

Рис. 1. **Индекс производства продукции сельского хозяйства в 2015–2023 гг., % к предыдущему году [10]**

Последние данные одновременно фиксируют рост производственных результатов и сохранение структурных противоречий. В 2025 г. валовой сбор зерновых и зернобобовых культур в Красноярском крае достиг 2390,2 тыс. т, что на 23,8 % выше уровня 2024 г.; урожайность выросла с 22,9 до 30,6 ц/га, или на 33,6 % [11]. Производство молока увеличилось с 602,0 до 609,5 тыс. т, яиц — с 845,1 до 866,9 млн шт., скота и птицы на убой — со 136,4 до 138,5 тыс. т. При этом поголовье крупного рогатого скота снизилось с 269,1 до 267,6 тыс. голов, а поголовье свиней — с 450,7 до 401,9 тыс. голов [12]. Следовательно, рост выпуска по части направлений достигается при сокращении отдельных элементов ресурсной базы, что указывает на усиление интенсивного характера производства.

Для устойчивого развития территории увеличение производительности имеет положительное значение только в том случае, если оно сопровождается ростом доходов, устойчивой занятостью и инвестициями. Здесь проявляется существенное ограничение. Среднемесячная начисленная заработная плата работников растениеводства, животноводства и связанных услуг в январе–июле 2025 г. составила 62 595,1 руб., или 61,5 % среднекраевого уровня, хотя ее номинальный рост к соответствующему периоду 2024 г. достиг 21,7 % [13]. Наличие столь значительного межотраслевого разрыва снижает конкурентоспособность сельского рынка труда при привлечении квалифицированных работников.

Сопоставление производственных и территориальных индикаторов представлено в таблице 3.

Таблица 3. **Ключевые индикаторы развития сельского хозяйства и сельских территорий Красноярского края**

Показатель	Значение	Аналитическая оценка
Валовой сбор зерновых и зернобобовых	1930,2 тыс. т в 2024 г.; 2390,2 тыс. т в 2025 г. [11]	рост на 23,8 %
Урожайность зерновых и зернобобовых	22,9 ц/га в 2024 г.; 30,6 ц/га в 2025 г. [11]	рост на 33,6 %; усиление интенсивности
Производство молока	602,0 тыс. т в 2024 г.; 609,5 тыс. т в 2025 г. [12]	рост на 1,2 %
Поголовье свиней	450,7 тыс. голов в 2024 г.; 401,9 тыс. голов в 2025 г. [12]	снижение на 10,8 %
Заработная плата в растениеводстве и животноводстве	62 595,1 руб. в январе–июле 2025 г. [13]	61,5 % среднекраевого уровня
Полное благоустройство жилищного фонда	81,4 % городской площади и 18,6 % сельской в 2025 г. [14]	разрыв 62,8 п.п.
Укомплектованность кадрами сельхозорганизаций	92,56 % на начало 2023 г.; 87,81 % на начало 2025 г. [15]	снижение на 4,75 п.п.

Источник: составлено и рассчитано автором по официальным данным [11–15].

Наиболее наглядно обратное влияние сельской территории на сельское хозяйство проявляется через инфраструктурно-кадровый блок. На конец 2025 г. доля общей площади жилищного фонда, одновременно оборудованного водопроводом, водоотведением, отоплением, горячим водоснабжением и газом либо электроплитами, составляла в городах и поселках городского типа Красноярского края 81,4 %, а в сельских населенных пунктах — только 18,6 % [14]. Разрыв в 62,8 процентного пункта означает, что сельхозпредприятие конкурирует за специалиста не только размером заработной платы, но и качеством среды проживания.

Кадровая статистика подтверждает данную проблему. По материалам Министерства сельского хозяйства Красноярского края, укомплектованность кадрами сельскохозяйственных организаций сократилась с 92,56 % на начало 2023 г. до 87,81 % на начало 2025 г.; уровень занятости сельского населения также снизился [15]. В результате территориальная инфраструктура превращается в производственный фактор: недостаток жилья и социальных услуг затрудняет привлечение работников, а кадровый дефицит ограничивает использование современных технологий и реализацию инвестиционных проектов.

Инвестиционная динамика также не позволяет говорить о линейном росте. Объем инвестиций в основной капитал организаций АПК края составлял 13,021 млрд руб. в 2022 г., 12,654 млрд руб. в 2023 г. и 12,792 млрд руб. в 2024 г. Вместе с тем портфель заявленных инвестиционных проектов оценивался в 58,065 млрд руб., причем свыше 22,3 млрд руб. приходилось на пищевую и перерабатывающую промышленность [15]. Именно развитие переработки имеет особое значение для территориального эффекта, поскольку позволяет оставлять большую долю добавленной стоимости и рабочих мест в регионе.

Официальный перечень проблем АПК Красноярского края включает дефицит квалифицированных кадров, низкую доступность и высокую стоимость инвестиционных и краткосрочных кредитов, рост стоимости средств производства и основных фондов, недостаток перерабатывающих мощностей, удаленность от основных рынков сбыта и высокую логистическую нагрузку [15]. Эти ограничения одновременно являются проблемами сельских территорий. Например, высокая стоимость логистики снижает рентабельность производства, а недостаток переработки способствует вывозу сырья и части создаваемой добавленной стоимости за пределы места производства.

Полученные результаты позволяют уточнить характер исследуемой взаимосвязи. Развитие сельского хозяйства создает экономическую основу устойчивости сельской территории, но положительный эффект не возникает автоматически. Для его формирования необходимо, чтобы рост производительности сопровождался конкурентной заработной платой, локальной переработкой, инвестициями и развитием инфраструктуры. В обратном направлении качество сельской среды определяет возможность предприятий привлекать кадры, реализовывать технологические проекты и поддерживать устойчивое производство.

Таким образом, связь сельского хозяйства и устойчивого развития сельских территорий является системной и двусторонней. Российские лучшие практики показывают, что наиболее заметный территориальный результат возникает при синхронизации отраслевых инвестиций с жильем, дорогами, социальной инфраструктурой, поддержкой малого предпринимательства и переработки. Анализ Красноярского края подтверждает одновременно наличие производственного потенциала и существенных ограничений его территориального эффекта. В 2025 г. регион демонстрировал высокий рост урожайности и отдельных объемов производства, однако сохранялись кадровый дефицит, разрыв в оплате труда и значительное отставание сельского жилищного фонда по уровню благоустройства. Следовательно, устойчивое развитие сельских территорий требует не раздельной аграрной и социальной политики, а единой системы решений, в которой развитие производства и повышение качества сельской среды рассматриваются как взаимно обусловленные процессы.

Литература:

1. О развитии сельского хозяйства: Федеральный закон от 29.12.2006 № 264-ФЗ: ред. от 02.05.2026. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64930/ (дата обращения: 10.10.2026).
2. Касимов А. А., Проваленова Н. В. Взаимосвязь развития аграрного производства и сельских территорий // Современная экономика: проблемы и решения. — 2024. — № 3. — С. 37–46. — DOI: 10.17308/meps/2078–9017/2024/3/37–46.
3. Солдатов А. А. Место сельскохозяйственного производства в системе оценки устойчивого развития сельских территорий // Вестник НГИЭИ. — 2023. — № 2 (141). — С. 59–67.
4. Алтухов А. И. Пространственное развитие сельского хозяйства и сельских территорий страны — основа обеспечения национальной продовольственной безопасности // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2021. — № 3. — С. 86–93.
5. О Государственной программе Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий»: постановление Правительства РФ от 31.05.2019 № 696: ред. от 30.10.2026. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_326085/ (дата обращения: 15.10.2026).
6. Вопросы развития сельского хозяйства обсудили на заседании Комитета по экологии, природопользованию, агропромышленной и продовольственной политике // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Рес-

публики Татарстан. — 2026. — 11 марта. — URL: https://agro.tatarstan.ru/index.htm/news/2501359.htm (дата обращения: 09.11.2026); В 2025 году в Татарстане на комплексное развитие сельских территорий выделят 4,1 млрд рублей. — URL: https://agro.tatarstan.ru/index.htm/news/2374022.htm (дата обращения: 20.10.2026).
7. Сельское хозяйство // Губернатор и Правительство Белгородской области: официальный сайт. — URL: https://belregion.ru/region/priorities/selskoe-khozyaystvo/ (дата обращения: 23.10.2026).
8. Евгений Савченко подвёл итоги развития агропромышленного комплекса области в 2016 году и обозначил перспективы развития отрасли // Губернатор и Правительство Белгородской области. — 2016. — 26 декабря. — URL: https://belregion.ru/press/important.php?ID=16670 (дата обращения: 23.10.2026).
9. В 2025 году калужские аграрии на 3,7 % увеличили физический объем производства // Правительство Калужской области. — 2026. — URL: https://kaluga-gov.ru/news/61376/ (дата обращения: 25.10.2026).
10. Показатели целей устойчивого развития по Красноярскому краю: информационно-статистический материал / Красноярскстат. — Красноярск, 2024. — URL: https://24.rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 27.10.2026).
11. Социально-экономическое положение Красноярского края в январе–ноябре 2025 года: доклад / Красноярскстат. — Красноярск, 2025. — URL: https://24.rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 29.10.2026).
12. Поголовье и производство основных продуктов животноводства в хозяйствах всех категорий в 2025 году // Красноярскстат. — 2026. — 26 мая. — URL: https://24.rosstat.gov.ru/news/document/283965 (дата обращения: 01.11.2026).
13. Социально-экономическое положение Красноярского края в январе–августе 2025 года: доклад / Красноярскстат. — Красноярск, 2025. — URL: https://24.rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 02.11.2026).
14. Состояние жилищного фонда на конец 2025 года // Красноярскстат. — 2026. — 21 апреля. — URL: https://24.rosstat.gov.ru/news/document/281952 (дата обращения: 02.11.2026).
15. Текущая ситуация в АПК Красноярского края. Система мер государственной поддержки АПК, изменения на 2026 год: презентационные материалы / Министерство сельского хозяйства Красноярского края. — 2025. — URL: https://krasagro.ru/media/uploads/2025/08/12/1.pdf (дата обращения: 02.11.2026).

Профессия ягодовода в Красноярском крае: преимущества и ограничения (по материалам интервью крестьянских (фермерских) хозяйств Коробейниковых)

Форманчук Георгий Николаевич, студент магистратуры
Красноярский государственный аграрный университет

В статье рассматривается профессия ягодовода как форма семейного сельскохозяйственного предпринимательства в условиях юга Красноярского края. Эмпирическую основу исследования составили материалы полуструктурированного экспертного интервью с представителями КФХ Коробейников в селе Субботино Шушенского муниципального округа. Наряду с технологическими и трудовыми особенностями ягодоводства анализируются доступность государственной поддержки, конкуренция с более дешевой импортной ягодой, проблемы холодовой логистики и сохранения локального бренда. Показано, что конкурентное преимущество местной ягоды формируется прежде всего за счет вкуса, свежести, прямого контакта с покупателем и территориальной репутации, тогда как устойчивость хозяйства ограничивается погодными рисками, сезонностью труда и высокой капиталоемкостью модернизации.

Ключевые слова: *ягодоводство, земляника садовая, крестьянское фермерское хозяйство, семейное предпринимательство, государственная поддержка, импортная конкуренция, локальный бренд, Красноярский край, Шушенский муниципальный округ.*

Ягодоводство легко воспринимать через привлекательный образ: лето, поле и спелая ягода. За ним стоит работа, где один сезон зависит от погоды, агротехники, наличия сборщиков и скорости реализации. Поэтому ягодоводство интересно рассматривать не только как отрасль, но и как профессию, в которой производственные и предпринимательские решения практически не разделяются.

Особенность земляники — сочетание высокой ценности продукции и крайне короткого срока реализации. Для товарного производства нужны агрономические знания, ручной труд, охлаждение и быстрая логистика. Исследования относят к ограничениям российского плодово-ягодного производства инфраструктуру хранения, сбыт и инвестиционную нагрузку [1], одновременно отмечая высокий потенциал отдачи земляники с единицы площади [2].

Цель исследования — на основе экспертного интервью определить преимущества и ограничения профессии яго-

довода в Красноярском крае. Кейсом выбрано КФХ Коробейников в селе Субботино Шушенского муниципального округа, специализирующееся на землянике садовой и других ягодах [3].

Методическую основу составили кейс-стади, полуструктурированное интервью и сопоставление экспертных оценок с официальными и научными источниками. Производственные детали в основном раскрывала Ирина Коробейникова; Константин Коробейников дополнил их оценками устойчивости бизнеса, рынка и господдержки [4]. Субъективные оценки далее отделяются от фактов, подтверждаемых внешними источниками.

Красноярскстат ведет многолетние ряды по площади плодово-ягодных насаждений и валовому сбору [5]. Однако для юга края важна и локальная специфика: Субботино давно ассоциируется с садовой земляникой, а агрофестиваль объединяет семинары, экскурсии по хозяйствам и ярмарку продукции [6]. Здесь ягодоводство стало частью местной экономической культуры.

КФХ Коробейников представляет небольшой по масштабам, но содержательно показательный семейный бизнес. По данным интервью, площадь насаждений составляет около 3 га. Основу продукции формируют клубника и малина, в том числе ремонтантные сорта. Хозяйство реализует продукцию не только внутри Шушенского округа: поставки осуществлялись в Красноярск, Хакасию, Тыву, Северо-Енисейск, а отдельные партии отправлялись самолетом в Норильск [4]. Такая география показывает одновременно рыночный потенциал свежей сибирской ягоды и цену логистической удаленности.

Первое преимущество профессии — возможность создавать продукт высокой стоимости на небольшой площади. В отличие от многих полевых культур, ягодному семейному хозяйству не нужен большой земельный банк; экономический результат сильнее зависит от сорта, технологии, сроков плодоношения и канала сбыта [2].

Второе преимущество — пространство для технологического предпринимательства. Коробейниковы постепенно перешли к ремонтантным сортам, чтобы растянуть сбор и снизить пиковую потребность в людях. Используются пленочные укрытия, капельный полив и агроткань, изучаются тоннельные технологии [4]. Современный ягодовод здесь одновременно агроном, технолог, работодатель и продавец.

Третье преимущество связано с самостоятельностью, но она же делает ошибки особенно дорогими. В интервью нынешний этап описывается как стабилизация, а не бесконечное расширение [4]. Ранее Константин Коробейников рассказывал, что хозяйство доходило примерно до 7 га, но нагрузка стала чрезмерной и часть урожая не успевали собрать; после этого семья сознательно перешла к меньшим площадям и большей эффективности [7].

Четвертое преимущество — локальная занятость. Постоянно хозяйством занимаются фактически два члена семьи, однако в период сбора привлекаются местные жители. Для обслуживания около 3 га ремонтантных насаждений в активный сезон требуется примерно 10 человек. Сдельная оплата в рассматриваемом сезоне составляла около 70–80 руб. за килограмм, а активный сборщик, по экспертной оценке, мог получить 30 тыс. руб. и более за сезон [4]. Работа ведется преимущественно утром, поэтому для части жителей она становится дополнительным, а не единственным источником дохода. Масштаб невелик, но для села важна сама возможность гибкой подработки рядом с домом.

Пятое преимущество выходит за рамки производства. КФХ участвует в агрофестивале «Субботинская земляника», проводит семинары и принимает посетителей. В 2026 г. программа фестиваля включала экскурсии по ягодным хозяйствам и ярмарку сортовой земляники [6]. Репортаж «Костина ягода» показывает, что субботинская «виктория» стала узнаваемым продуктом далеко за пределами села [7].

Основные характеристики исследуемого кейса представлены в таблице 1.

Главное ограничение — погода. Заморозки, вымерзание, жара или затяжные осадки способны резко изменить результат сезона. Коробейниковы отмечали годы,

Таблица 1. **Ключевые характеристики КФХ Коробейников по материалам экспертного интервью**

Показатель	Характеристика
Место деятельности	с. Субботино, Шушенский муниципальный округ Красноярского края
Площадь насаждений	около 3 га
Основная продукция	земляника садовая (клубника), малина; используются ремонтантные сорта
Постоянная занятость	фактически 2 члена семьи
Сезонная занятость	до 10 местных работников в активный период сбора
Оплата сезонного сбора	около 70–80 руб. за 1 кг; возможный сезонный доход активного сборщика — 30 тыс. руб. и более
Полученная грантовая поддержка	около 1,5 млн руб. по оценке респондентов
География реализации	Шушенский округ, Красноярск, Хакасия, Тыва, Северо-Енисейск; отдельные поставки в Норильск
План технологического развития	ориентир — около 30 % площадей перевести в тоннельный/тепличный формат

Источник: составлено автором по материалам экспертного интервью с представителями КФХ Коробейников [4].

когда хозяйство уходило в убыток именно из-за погодных условий [4]. В 2025 г. на юге края ранние заморозки сменились жарой, ускорившей созревание и обострившей потребность в сборщиках [8].

Второе ограничение — ручной труд. Для КФХ проблема особенно остра из-за сезонности: люди нужны не постоянно, а в короткий период массового сбора; молодежи среди сборщиков немного, а стоимость труда растет [4]. Поэтому увеличение площади без гарантированного сбора может увеличить не прибыль, а потери.

Третье ограничение — скоропортимость и стоимость выхода в торговые сети. Для работы с ними хозяйству нужны охлаждение, калибровка, упаковка, переборка и доставка. По оценке респондентов, при предлагаемой закупочной цене эти операции могут сделать канал экономически невыгодным [4]. Вырастить хорошую ягоду оказывается проще, чем создать вокруг нее полноценную холодовую цепь.

Четвертое ограничение — доступность специализированной господдержки. Коробейниковы называли необходимыми субсидии на посадочный материал, топливо, полив и закрытый грунт, а также более доступный кредит; полученные ранее около 1,5 млн руб. грантовой поддержки не решают задачу капиталоемкой модернизации [4]. В полевом разговоре помощь на технику воспринималась скорее как отдельная удача, чем как постоянно работающий инструмент именно для ягодовода. При этом в Красноярском крае действует широкий набор общих мер поддержки КФХ [9]. Различие хорошо видно на примере Томской области, где в перечне 2026 г. отдельно предусмотрена субсидия на продукцию плодово-ягодных насаждений, посадочный материал, закладку и уход [10]. Поэтому ощущение слабого отраслевого «голоса» корректнее понимать как несоответствие универсальных инструментов специфике ягодного хозяйства, а не как отсутствие поддержки вообще.

Пятое ограничение — ценовая конкуренция с привозной ягодой. Коробейниковы называли более дешевую импортную клубнику одним из факторов давления на местного производителя [4]. По данным ТАСС, весной 2026 г. клубника из Кыргызстана поступала в Красноярск по оптовой цене около 300 руб./кг; разницу связывали с меньшими издержками и более длинным сезоном [11]. Сам Константин Коробейников в том же материале объяснил преимущество местной ягоды вкусом: ей можно дать дозреть на грядке, тогда как продукт для дальней перевозки снимают раньше. Для покупателя это фактически выбор между ценой и степенью зрелости.

Хороший товарный вид после дальней перевозки сам по себе не доказывает применение консервантов. Предохлаждение, холодовая цепь, модифицированная упаковка и контролируемая атмосфера способны замедлять порчу и сохранять плотность ягод [12]. Но земляника — неклимактерический плод: слишком ранний сбор ограничивает развитие сладости и аромата [12]. В 2026 г. импортная клубника из Кыргызстана, Китая и Казахстана проходила в Красноярском крае карантинный фитосанитарный контроль; отклонений по проверяемым показателям не выявлялось [13]. Это не анализ всех возможных остатков средств защиты, но и оснований автоматически объяснять сохранность «консервантами» нет. Есть и репутационный риск. Коробейников рассказывал, что отдельные продавцы на рынке субботинскую «викторию» называли «Костиной ягодой» даже тогда, когда она была не из его хозяйства, естественно, с целью получения дополнительной выгоды [7]. В полевом разговоре упоминались и случаи представления привозной ягоды как субботинской.

Перспективой КФХ является частичный переход к закрытому грунту — в интервью назывался ориентир около 30 % площади [4]. Это может удлинить сезон, снизить погодный риск и стабилизировать качество. Цель здесь не сделать сибирскую ягоду самой дешевой, а увеличить период предложения действительно свежего локального продукта; главный барьер — стоимость такой модернизации.

Второе направление — прямые продажи и организованный самосбор. Константин Коробейников публично говорил о желании сделать «культурный» самосбор с чистым полем, элементами экскурсии и понятным сервисом [7]. При уже сформированном бренде Субботино такой формат может одновременно повышать маржу и укреплять доверие к происхождению ягоды.

Третье направление — кооперация. Совместные холодильные мощности, сортировка, упаковка, логистика и продвижение нескольких производителей снизили бы барьер входа в торговые сети. Для Субботино кооперация могла бы выполнять и вторую функцию — защищать локальный бренд через единые требования к происхождению и качеству продукции.

Преимущества и ограничения профессии ягодовода, выявленные в рамках кейса, систематизированы в таблице 2.

Профессия ягодовода в Красноярском крае сочетает высокую предпринимательскую самостоятельность с высокой неопределенностью. Ее сильная сторона — возможность создавать востребованный продукт на небольшой площади и работать напрямую с покупателем. В Субботино к этому добавляется территориальный бренд, уже имеющий самостоятельную рыночную ценность.

Но реальный разговор с производителями показывает цену этой привлекательности: погода способна сделать сезон убыточным, сборщики нужны именно тогда, когда урожай нельзя отложить, торговые сети требуют дорогой холодовой инфраструктуры, а импортная ягода конкурирует ценой. Универсальные меры господдержки при этом не всегда совпадают с инвестиционным циклом небольшого ягодного хозяйства.

Для КФХ Коробейников более реалистична не стратегия максимального расширения, а управляемая устойчивость: закрытый грунт на части площади, ремонтантные сорта, прямые продажи, самосбор, холодовая

Таблица 2. **Преимущества и ограничения профессии ягодовода по результатам исследования**

Преимущества	Ограничения
Высокая ценность продукции с небольшой площади	Высокая зависимость от погоды и сезонных рисков
Возможность технологических экспериментов и быстрого внедрения новых сортов	Капиталоемкость закрытого грунта и холодовой инфраструктуры
Возможность дать ягоде дозреть на грядке и реализовать ее максимально свежей	Ценовая конкуренция с более дешевой импортной ягодой
Самостоятельность семейного предпринимательства	Высокая личная ответственность и нестабильность финансового результата
Создание сезонной занятости и дополнительных доходов жителей	Дефицит сезонных работников и высокая доля ручного труда
Прямые продажи, самосбор и агротуризм	Скоропортимость продукции и сложность выхода в торговые сети
Сильный локальный бренд «субботинской» ягоды	Риск размывания происхождения товара при перепродаже
Профессиональные связи и отраслевое обучение	Недостаток специализированных именно под ягодоводство инструментов поддержки

Источник: составлено автором по результатам экспертного интервью и сопоставления с отраслевыми и научными источниками [4; 7; 9–13].

инфраструктура, кооперация и четкая идентификация происхождения продукции. Господдержка здесь нужна прежде всего как способ снизить порог технологической модернизации.

Кейс Коробейниковых показывает и человеческий смысл профессии: небольшое хозяйство создает сезонные доходы, сохраняет землю в производственном использовании, передает знания и помогает территории рассказывать о себе через конкретный продукт. Покупатель местной ягоды платит не только за килограмм, но и за свежесть, вкус, доверие к производителю и понятное происхождение.

Литература:

1. Ленточкин А. М., Никитина А. В., Леконцева Т. Г. Анализ состояния производства плодово-ягодной продукции // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25. № 3. С. 381–391. DOI: 10.32417/1997–4868–2025–25–03–381–391.
2. Ситдикова Г. З., Хабиров Г. А. Развитие ягодоводства в Республике Башкортостан // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2023. № 5. С. 51–55. DOI: 10.31442/0235–2494–2023–0–5–51–55.
3. Коробейников К. Г., КФХ // Ягодная Академия. URL: https://rkmarketing.ru/catalog/korobeynikov-k-g-kfh.
4. Материалы полуструктурированного экспертного интервью с И. Коробейниковой и К. Г. Коробейниковым, с. Субботино Шушенского муниципального округа Красноярского края, 2026 г. // Личный архив автора.
5. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство // Красноярскстат. Раздел «Растениеводство». URL: https://24.rosstat.gov.ru/folder/44270.
6. Агрофестиваль «Субботинская земляника» — 2026 // Туристский информационный центр Красноярского края. URL: https://visitsiberia.info/agrofestival-subbotinskaya-zemlyanika2026.html.
7. Хустик С. Костина ягода // Такие дела. 2024. 14 августа. URL: https://takiedela.ru/2024/08/kostina-yagoda/.
8. На юге края собирают первую клубнику // Вести. Красноярск. 2025. 25 июня. URL: https://www.vesti-krasnoyarsk.ru/news/obshestvo/post-54576/.
9. Путеводитель по мерам государственной поддержки субъектов агропромышленного комплекса Красноярского края // Министерство сельского хозяйства Красноярского края. URL: https://krasagro.ru/pages/state_support/guide/.
10. Меры государственной поддержки на 2026 г. // Департамент по социально-экономическому развитию села Томской области. URL: https://depagro.tomsk.gov.ru/gosudarstvennaja-podderzhka.
11. Эксперты заявили, что в РФ может быть высокий урожай ягод в 2026 году // ТАСС. 2026. 5 апреля. URL: https://finance.mail.ru/article/ekspertyi-zayavili-chto-v-rf-mozhet-byit-vyisokij-urozhaj-yagod-v-2026-godu-69203942/.
12. Eum H. L., Lee J.-H., Lee J. G. et al. Impact of Harvest Maturity and Controlled Atmosphere on Strawberry Quality Under Simulated Export Conditions // Foods. 2025. Vol. 14. No. 17. Art. 2959. DOI: 10.3390/foods14172959.
13. Жители Красноярского края съели почти 60 тонн импортной клубники // Наш Красноярский край. 2026. URL: https://gnkk.ru/news/zhiteli-krasnoyarskogo-kraya-seli-pocht/.

1

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 47 (650) / 2026

Выпускающий редактор Г. А. Письменная

Ответственные редакторы Е. И. Осянина, З. А. Огурцова

Художник Е. А. Шишков

Подготовка оригинал-макета М. В. Голубцов

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.

Номер подписан в печать 02.12.2026. Дата выхода в свет: 09.12.2026.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.

E-mail: info@moluch.ru; https://moluch.ru/

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25, пом. 1, 3, 4, 5, 6.