

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ

**Материалы X Всероссийской
научно-практической конференции**

Тверь 2026

УДК 378.1:[33+31+62+69+004+502+54]
ББК 74.48

Современные технологии и инновации: материалы X Всероссийской научно-практической конференции / под общ. ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2026. 212 с.

Сборник содержит материалы, отражающие результаты научных исследований и экспериментов, выполненных учеными и преподавателями Тверского государственного технического университета и Тверской государственной сельскохозяйственной академии. Результаты были представлены на проведенной в Твери научно-практической конференции. Рассмотрены как фундаментальные, так и прикладные аспекты современного технического, естественно-научного и социально-гуманитарного знания.

Размещены материалы шести секций: «Проблемы социально-экономического развития региона»; «Производство строительных материалов, строительство и строительные технологии»; «Машиностроение и металлообработка»; «Химия, химическая и биотехнология»; «Информационные технологии, программное обеспечение и системы автоматизации в промышленном производстве»; «Социогуманитарные исследования».

СЕКЦИЯ 1

ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

УДК 349.41

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.В. Карцева, Е.Е. Дмитриев

© Карцева В.В., Дмитриев Е.Е., 2026

***Аннотация.** В настоящей статье проведен комплексный анализ актуального состояния и тенденций развития правового регулирования земельных отношений в Российской Федерации. Авторами исследованы ключевые проблемы, связанные с неопределенностью правового статуса земельных участков, коллизиями в разграничении полномочий публичных образований, эффективностью государственного кадастрового учета и контроля, а также с разрешением многочисленных конфликтов интересов в сфере землепользования. Особое внимание уделено трансформации земельного законодательства под влиянием процессов цифровизации, что проявляется во внедрении электронных сервисов и повышении прозрачности земельного оборота. На основе проведенного исследования с привлечением широкого круга научных источников и судебной практики сформулированы перспективные направления модернизации земельного законодательства. К ним отнесены глубокая интеграция передовых цифровых технологий (блокчейн, «цифровые двойники»), усиление экологической составляющей через имплементацию принципов устойчивого развития и оптимизация фискального механизма в сфере земельного налогообложения.*

***Ключевые слова:** земельное право, земельные отношения, Земельный кодекс РФ, государственный кадастровый учет, ЕГРН, цифровизация, сервитут, охранные зоны, устойчивое развитие, земельный налог.*

Введение

Земля, будучи основным национальным богатством, природным ресурсом, территориальным базисом и объектом недвижимости, занимает центральное место в экономической и социальной системе любого государства. В России, обладающей уникальным по своим масштабам и

разнообразие земельным фондом, эффективное и сбалансированное правовое регулирование земельных отношений выступает необходимым условием для обеспечения устойчивого экономического роста, продовольственной и экологической безопасности, а также гарантированной защиты прав и законных интересов граждан и юридических лиц.

Современный этап развития земельного права в России характеризуется как значительными достижениями, так и наличием системных вызовов. Принятие действующего Земельного кодекса РФ (ЗК РФ) в 2001 году заложило основы рыночного оборота земель и создания единой системы государственного управления земельными ресурсами. Однако динамично развивающиеся общественные отношения, новые экономические реалии, экологические угрозы и мощный импульс цифровой трансформации обуславливают необходимость постоянного критического переосмысления и совершенствования правовых механизмов.

Целями настоящего исследования являются выявление ключевых проблемных узлов в регулировании земельных отношений в Российской Федерации на современном этапе и разработка на этой основе научно обоснованных предложений по перспективным направлениям развития земельного законодательства.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Проанализировать структурные и содержательные особенности действующей системы земельного законодательства.
2. Выявить и классифицировать основные проблемы в области определения и защиты правового статуса земельных участков.
3. Оценить эффективность инструментов государственного контроля и кадастрового учета.
4. Исследовать влияние цифровизации на земельные отношения.
5. Сформулировать конкретные предложения по модернизации правового регулирования в рассматриваемой сфере.

Система земельного законодательства и проблемы разграничения полномочий

Основу правового регулирования земельных отношений в России составляет ЗК РФ, который закрепил ключевые принципы, такие как приоритет охраны земли как важнейшего компонента окружающей среды, платность землепользования, единство судьбы земельных участков и прочно связанных с ними объектов, а также разграничение государственной собственности на землю.

Правовой режим земель детализируется в тесной взаимосвязи с нормами Гражданского кодекса РФ (ГК РФ), Водного, Лесного, Градостроительного кодексов, Федеральных законов «О государственной регистрации недвижимости» (№ 218-ФЗ), «О кадастровой деятельности» (№ 221-ФЗ), «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» (№ 101-ФЗ) и множества иных нормативных правовых актов [1, с. 45].

Важной и проблемной особенностью является трехуровневая система регулирования. Субъекты РФ и органы местного самоуправления в пределах своих полномочий принимают собственные законы, правила землепользования и застройки (ПЗЗ) и осуществляют управление находящимися в их собственности землями. Такая децентрализация, с одной стороны, позволяет адаптировать общие федеральные предписания к местным социально-экономическим, природно-климатическим и культурным условиям [2, с. 112]. С другой стороны, она зачастую порождает риски правовой неопределенности и возникновения коллизий между федеральными, региональными и муниципальными нормами. Например, установление дополнительных ограничений или льгот на региональном уровне может создавать неравные условия для участников земельных отношений в разных субъектах Федерации, что потенциально препятствует формированию единого правового пространства [3, с. 25].

Актуальные проблемы определения и защиты правового статуса земель

Одной из наиболее острых и социально значимых проблем остается обеспечение надлежащей защиты права собственности и иных вещных прав на землю. Значительный массив судебных споров связан с признанием прав на земельные участки, в том числе в порядке приобретательной давности, с самовольным занятием земель, а также с оспариванием и установлением границ земельных участков [4, с. 78]. Нередки случаи, когда сведения, содержащиеся в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН), не соответствуют фактическому положению дел (так называемые кадастровые ошибки), что создает почву для длительных и ресурсоемких судебных разбирательств.

Институт аренды земельных участков, особенно находящихся в государственной или муниципальной собственности, также сталкивается с рядом сложностей. К ним относятся громоздкость и недостаточная прозрачность процедур продления арендных отношений, неопределенность условий и критериев для выкупа арендованных земель, а также потенциальные злоупотребления при организации и проведении торгов [5, с. 91].

Широкое распространение в последние годы получает сервитут — право ограниченного пользования чужим земельным участком. Однако процедура установления как частного, так и публичного сервитута остается сложной и не всегда сбалансированной. Нередко она приводит к существенному ущемлению прав и законных интересов собственника обремененного участка без соразмерной компенсации [6, с. 134].

Существенным ограничителем правомочий пользования и распоряжения землей является наличие многочисленных охранных зон (линий электропередач, газо- и нефтепроводов, объектов культурного наследия) и

зон с особыми условиями использования территорий (ЗООИТ), в частности водоохранных. Их установление далеко не всегда сопровождается надлежащим и своевременным информированием всех правообладателей затрагиваемых земельных участков, а сведения о таких зонах в ЕГРН зачастую вносятся с опозданием или содержат неточности [7, с. 56]. Это приводит к тому, что собственники и арендаторы, действуя добросовестно, непреднамеренно нарушают закон и впоследствии сталкиваются с серьезными ограничениями в хозяйственном использовании своих участков, запретами на строительство и даже с риском их изъятия.

Эффективность инструментов государственного контроля и кадастра: вызовы цифровизации

Консолидация функций государственной регистрации прав и государственного кадастрового учета в рамках ЕГРН и единого института – Росреестра – безусловно, стала значительным шагом на пути упрощения процедур и снижения административных барьеров. Однако эффективность этой системы все еще далека от идеала.

Кроме упомянутых кадастровых ошибок, сохраняются проблемы длительных сроков оказания государственных услуг, межведомственного взаимодействия (особенно с Федеральной налоговой службой и органами власти, уполномоченными на установление ЗООИТ), а также недостаточной точности картографо-геодезической основы [8].

Процесс цифровизации оказал кардинальное влияние на земельные отношения. Внедрение электронных сервисов для получения выписок из ЕГРН в онлайн-режиме, подачи заявлений на регистрацию сделок, а также кадастрового учета в электронной форме существенно повысило прозрачность и доступность информации. Публичная кадастровая карта превратилась в незаменимый инструмент для риелторов, юристов, кадастровых инженеров и рядовых граждан. Тем не менее сохраняется «цифровой разрыв» между развитыми центральными регионами и отдаленными территориями, где доступ к интернету и уровень цифровой грамотности населения остаются низкими. Кроме того, масштабная цифровизация порождает новые риски, связанные с кибербезопасностью и защитой персональных данных [9, с. 118].

Перспективы развития и модернизации земельного законодательства

Перспективы развития земельных отношений в России видятся в углублении и систематизации уже наметившихся позитивных тенденций.

1. Глубокая цифровая трансформация. Дальнейшее развитие связано с внедрением технологий распределенных реестров (блокчейн), которые способны обеспечить максимальную защищенность, неизменность и

прозрачность данных о правах на недвижимость и истории всех транзакций [10, с. 205]. Перспективной является концепция создания «цифрового двойника» земельного участка – комплексной цифровой модели, агрегирующей не только кадастровые и правоустанавливающие данные, но и всю информацию об экологическом состоянии, градостроительных регламентах, инженерных сетях, историко-культурной ценности и т.д. Это позволит перейти от фрагментарного к комплексному управлению земельными ресурсами на основе Big Data [11, с. 77].

2. Экологизация и устойчивое развитие. Усиление экологической составляющей является императивом современности. Это требует не декларативного, а реального внедрения принципов устойчивого развития в земельное законодательство. Необходимо ужесточение ответственности за деградацию, загрязнение и иное ненадлежащее использование земель, а также требуется развитие экономико-правовых механизмов, таких как платежи за экосистемные услуги, и создание стимулов для внедрения природосберегающих технологий в сельском и лесном хозяйстве [12]. Целесообразно активнее использовать правовой инструментарий зонирования для выделения территорий с особым природоохранным статусом.

3. Реформа земельного налогообложения. Действующая система, основанная на кадастровой стоимости, продолжает подвергаться справедливой критике за непрозрачность и зачастую необъективность методик ее расчета. Перспективным направлением видится не отказ от этого принципа, а его радикальное усовершенствование: обеспечение полной публичности и проверяемости процесса оценки, создание эффективного и доступного механизма оспаривания кадастровой стоимости. Кроме того, назрела необходимость рассмотрения возможности введения прогрессивной или дифференцированной шкалы налогообложения в зависимости от категории земли, ее разрешенного использования и, что особенно важно, от эффективности и целевого характера ее использования собственником. Это будет стимулировать рациональную эксплуатацию земельных ресурсов и выводить из состояния «законсервированности» неиспользуемые участки [13, с. 89].

Заключение

Проведенное исследование позволяет констатировать, что регулирование земельных отношений в Российской Федерации находится в состоянии активной эволюции, движимой объективными процессами цифровизации, обострением экологических проблем и насущной потребностью в повышении экономической эффективности землепользования.

Несмотря на наличие значительного числа проблем (от правовой неопределенности и коллизий в законодательстве до недостатков в системе

кадастрового учета и сохраняющихся коррупционных рисков), общий вектор развития представляется позитивным. Дальнейший прогресс в этой сфере возможен только на пути комплексного и системного реформирования.

Ключевыми направлениями такого реформирования должны стать:

1. Технологический прорыв: полномасштабное и продуманное внедрение передовых цифровых технологий (блокчейна, интернета вещей, искусственного интеллекта) для создания максимально прозрачной, защищенной и удобной системы государственных услуг в сфере оборота недвижимости.

2. Экологический императив: последовательная и глубокая имплементация принципов устойчивого развития и зеленой экономики во все институты земельного права, превращение экологических требований из формальных ограничений в реальные ориентиры для хозяйственной деятельности.

3. Системная консолидация и оптимизация: проведение «ревизии» всего массива земельного законодательства с целью устранения внутренних и внешних противоречий, упрощения административных процедур и создания ясных, предсказуемых и стабильных правил игры для всех участников земельных отношений.

4. Справедливый фискальный механизм: проведение реформы земельного налогообложения, направленной на достижение баланса между фискальными интересами государства и стимулированием собственников к наиболее рациональному и эффективному использованию земельных ресурсов.

Реализация этих мер позволит сформировать современную, сбалансированную и адекватную вызовам времени систему регулирования земельных отношений, которая станет надежной основой для устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочную перспективу.

Библиографический список

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 14.07.2022) // Собрание законодательства РФ. 2001. № 44. Ст. 4147.

2. Боголюбов С.А. Земельное право России: учебник для вузов. М.: Юрайт, 2023. 487 с.

3. Волков Г.А. Принципы земельного права и законодательства. URL: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01003252087?page=1&rotate=0&theme=white> (дата обращения: 28.04.2025).

4. Анисимов А.П., Рыженков А.Я., Чаркин С.А. Земельное право России: учебник. М.: Юрайт, 2022. 512 с.
5. Сухова Е.А. Проблемы правового регулирования аренды земельных участков публичной собственности // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2022. № 5 (248). С. 90–97.
6. Мисник Н.Р. Сервитуты в российском земельном и гражданском праве: теория и практика. М.: Статут, 2020. 215 с.
7. Позднякова Е.А. Правовой режим зон с особыми условиями использования территорий: проблемы и перспективы // Административное право и процесс. 2021. № 8. С. 54–58.
8. Нарушкевич С.В., Ткачева Л.Д. Новеллы правового регулирования государственной регистрации прав на недвижимость и сделок с ней. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novelly-pravovogo-regulirovaniya-gosudarstvennoy-registratsii-prav-na-nedvizhimost-i-sdelok-s-ney> (дата обращения: 28.04.2025).
9. Федотова А.В. Цифровизация оборота недвижимости: правовые риски и возможности // Жилищное право. 2021. № 12. С. 115–125.
10. Травников А.И. Блокчейн в регулировании земельных отношений: мировой опыт и перспективы для России // Право и экономика. 2020. № 7. С. 203–211.
11. Галиновская Е.А., Шишков Д.В. «Умная земля»: цифровые технологии в управлении земельными ресурсами // Государственная власть и местное самоуправление. 2022. № 5. С. 75–80.
12. Игнатьева И.А. Правовые основы развития Арктической зоны Российской Федерации и концепция устойчивого развития // Экологическое право. 2021. № 6. С. 11–16.
13. Кичигин Н.В. Правовые проблемы налогообложения земельных участков в РФ // Финансовое право. 2022. № 4. С. 87–92.
14. Обзор судебной практики Верховного Суда Российской Федерации по делам, связанным с оспариванием результатов определения кадастровой стоимости (утв. Президиумом Верховного Суда РФ 30.06.2021) // Бюллетень Верховного Суда РФ. 2021. № 10.
15. О государственной регистрации недвижимости: Федер. закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ (ред. от 14.07.2022) // Собрание законодательства РФ. 2015. № 29 (часть I). Ст. 4344.

CURRENT PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF LAND RELATIONS REGULATION IN THE RUSSIAN FEDERATION

V.V. Kartseva, E.E. Dmitriev

Abstract. *This article provides a comprehensive analysis of the current state and trends in the development of legal regulation of land relations in the Russian Federation. The author explores key issues related to the uncertainty of the legal status of land plots, conflicts in the delimitation of powers of public entities, the effectiveness of state cadastral registration and control, as well as the resolution of numerous conflicts of interest in the field of land use. Special attention is paid to the transformation of land legislation under the influence of digitalization processes, which is manifested in the introduction of electronic services and increased transparency of land turnover. Based on the conducted research involving a wide range of scientific sources and judicial practice, promising directions for the modernization of land legislation are formulated. These include: deep integration of advanced digital technologies (blockchain, "digital twins"), strengthening the environmental component through the implementation of the principles of sustainable development and optimization of the fiscal mechanism in the field of land taxation.*

Keywords: *land law, land relations, Land Code of the Russian Federation, state cadastral registration, EGRN, digitalization, easement, protected areas, sustainable development, land tax.*

Об авторах:

КАРЦЕВА Вера Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры геодезии и кадастра, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vera.v.kartseva@gmail.com

ДМИТРИЕВ Егор Евгеньевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: egordmtver@mail.ru

About the authors:

KARTSEVA Vera Viktorovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Geodesy and Cadastre, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vera.v.kartseva@gmail.com

DMITRIEV Egor Evgenievich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: egordmtver@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИИ ПОВЕДЕНИЯ ФИРМЫ В УСЛОВИЯХ УСИЛЕНИЯ КОНКУРЕНЦИИ

А.В. Пантелеев, В.В. Лохматов, Т.В. Евграфова

© Пантелеев А.В., Лохматов В.В.,
Евграфова Т.В., 2026

***Аннотация.** В публикации рассмотрены понятие и процесс совершенствования разработки стратегии поведения фирмы в условиях усиления конкуренции. Описаны современная методика и показатели, которые помогают улучшить положение фирмы на рынке и увеличить ее конкурентные преимущества.*

***Ключевые слова:** совершенствование стратегии, стратегия поведения фирмы, конкурентная стратегия.*

В любой фирме значительное время уделяется совершенствованию разработки стратегии поведения фирмы в условиях усиления конкуренции для получения более высокой прибыли в сравнении с конкурентами. Необходимость этого обусловлена постоянно растущим спросом на рынке, динамикой самого рынка и давлением конкуренции, которая заставляет фирмы постоянно адаптироваться, развиваться и повышать эффективность, чтобы конкурировать на рынке и приумножать прибыль.

Значительный вклад в теоретическую и практическую базу исследования о совершенствовании стратегии поведения фирмы в условиях усиления конкуренции внесли такие ученые-экономисты, как Азоев Г.Л. [1], Баумгартен Л.В. [2], Ермакова И.А. [3], Хруцкий В.Е., Корнеева И.В. [4], Разиньков П.И., Разинькова О.П. [5, 6], Чараева М.В. [7].

Чараева М.В. считает, что «поведение фирмы на рынке определяется ее стратегией, которая зависит от ее целей и рыночной ситуации» [7]. Она выделяет три основные стратегии: увеличение доли рынка, увеличение прибыли и сохранение доли рынка. Рассмотрим основные стратегии поведения фирмы, их использование, а также поставленные цели (таблица).

Основные стратегии поведения фирмы, их применение и цели

Критерии	Стратегия увеличения доли рынка	Стратегия увеличения прибыли	Стратегия сохранения доли рынка
Цель	Увеличение рыночной доли и объемов реализации продукции	Стратегическое увеличение прибыли с целью сохранения или роста рыночной доли	Обеспечение стабильности рыночных позиций
Для каких фирм подходит	Фирмы, стремящиеся к доминированию в своей индустрии, располагают необходимым капиталом для финансирования маркетинговых кампаний и модернизации производства	Фирмы с устоявшейся рыночной долей, стремящиеся к росту своей рентабельности	Небольшие фирмы, которые не могут конкурировать с лидерами, но хотят сохранить свое стабильное положение на рынке
Пример действий фирм	Активное продвижение, снижение цен, внедрение новых продуктов	Оптимизация издержек, повышение цен, фокусировка на наиболее прибыльных продуктах	Использование лояльности существующих клиентов, фокусировка на узком сегменте рынка

Отечественные авторы Хруцкий В.Е. и Корнеева И.В. утверждают, что под совершенствованием стратегии поведения фирмы в условиях усиления конкуренции подразумевается «способность успешно оперировать на конкретном рынке (регионе сбыта) в данный период времени путем выпуска и реализации конкурентоспособных изделий и услуг» [4].

Ученые Разиньков П.И. и Разинькова О.П. рассматривают «совершенствование стратегии поведения фирмы в условиях усиления конкуренции как способность фирмы выпускать конкурентоспособную продукцию, преимущество фирмы по отношению к другим фирмам данной отрасли внутри страны и за ее пределами» [5, 6].

Представленные определения являются неполными, поскольку первое ограничивает сферу конкурентоспособности определенными рынками и периодами, а второе ограничивает понятие конкурентоспособности производством конкурентоспособной продукции.

Наиболее полным является определение, данное Азоевым Г.Л.: «Совершенствование стратегии поведения фирмы включает выбор оптимального сочетания различных стратегий, таких как стратегии роста, сокращения, развития продукта или выхода на новые рынки. Для эффективного управления необходимо анализировать и сочетать различные подходы, принимая во внимание конкурентные преимущества,

а также учитывать обратную связь и непрерывно адаптировать стратегию в зависимости от изменений рыночной среды» [1].

В своей работе Баумгартен Л.В. предлагает рассматривать совершенствование стратегии поведения фирмы как «сравнительную комплексную оценку состояния важнейших параметров экономического потенциала предприятия относительно выбранных стандартов» [2].

Позицию авторов можно представить с помощью взаимосвязанных составляющих экономического потенциала предприятия на рисунке.



Экономический потенциал предприятия

Рассмотрим методику оценки эффективности разработки стратегии фирмы, созданную Ермаковой И.А.

Она предлагает оценивать конкурентную стратегию фирмы по основным параметрам: эффективности производственных процессов, финансовой стабильности и результативности маркетинговых и сбытовых мероприятий. Данный подход позволяет проводить конкурентный анализ и определять место фирмы на рынке.

Формула расчета конкурентной стратегии фирмы с помощью вычисления среднего показателя, полученного из совокупности единичных показателей конкурентоспособности, выглядит следующим образом:

$$K = \sum_{i=1}^N W_i \times K_i, \quad (1)$$

где W_i – значение веса i -го единичного показателя конкурентоспособности; K_i – единичный показатель конкурентоспособности фирмы общим числом N .

В данном интегральном подходе применяется анализ четырех групп показателей:

Первая группа	Вторая группа	Третья группа	Четвертая группа
Показатели оценки эффективности производства	Показатели эффективности управления оборотными активами	Показатели эффективности реализации продукции	Показатели конкурентоспособности предоставляемых работ

Расчет коэффициента конкурентоспособности фирмы выполняется в три последовательных этапа:

1. Расчет единичных показателей конкурентоспособности фирмы и их перевод в относительные величины. На этом этапе используется 15-балльная шкала оценки: 15 баллами оценивается показатель, имеющий значение лучше, чем стандартный; 10 баллами – стандартный показатель; 5 баллами – показатель, имеющий значение хуже, чем стандартный.

2. Применение формулы расчета критериев конкурентоспособности предприятия:

$$K_{\kappa\tau} = 0,15\mathcal{E}_n + 0,29\Phi_n + 0,23\mathcal{E}_c + 0,33K_m, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_n$ – значение критерия эффективности производства предприятия; Φ_n – значение критерия финансового положения предприятия; $\mathcal{E}_c$ – значение критерия эффективности организации сбыта и продвижения товара; K_m – значение критерия конкурентоспособности товара.

По экспертной оценке были определены следующие значения коэффициентов: 0,15; 0,29; 0,23; 0,33. Каждый показатель определяется с помощью суммирования взвешенных значений.

Критерий эффективности производства предприятия находится по формуле

$$\mathcal{E}_n = 0,31I + 0,19\Phi + 0,40P_m + 0,10\Pi, \quad (3)$$

где I – показатель издержек производства на единицу продукции; Φ – показатель фондоотдачи; P_m – показатель рентабельности товара; Π – показатель производительности труда.

Критерий финансового положения предприятия можно найти по формуле

$$\Phi_n = 0,29K_a + 0,20K_n + 0,36K_{\lambda} + 0,15K_o, \quad (4)$$

где K_a – показатель автономии предприятия; K_n – показатель платежеспособности предприятия; K_{λ} – показатель ликвидности предприятия; K_o – показатель оборачиваемости оборотных средств.

Формула определения критерия эффективности организации сбыта и продвижения товара может быть выражена как

$$\mathcal{E}_c = 0,37P_{\Pi} + 0,29K_z + 0,21D + 0,14K_p, \quad (5)$$

где P_{Π} – показатель рентабельности продаж; K_z – показатель затоваренности готовой продукцией; D – показатель доли рынка; K_p – показатель эффективности рекламы и средств стимулирования сбыта.

Критерий конкурентоспособности товара можно найти по формуле

$$K_m = \sum_{i=1}^n \alpha_i Q_i, \quad (6)$$

где Q_i – показатель конкурентоспособности товара по i -му параметру; n – число оцениваемых параметров; α_i – все i параметры.

3. Формулирование вывода об уровне конкурентоспособности предприятия на основе проведенных расчетов.

Данный метод имеет существенные недостатки:

он не отражает большого объема информации;

показатель конкурентоспособности работ не является объективным, поскольку качество работ для каждого потребителя будет разное;

в методике используются экспертные оценки коэффициентов, что может снизить вероятность правильности расчетов.

Достоинства метода следующие:

он разделен на четкие этапы, на которых рассчитываются соответствующие показатели;

последовательно оценивается каждый показатель конкурентоспособности предприятия, а по итогу расчетов делается вывод о позиции предприятия на рынке;

в нем представлено достаточно основных показателей эффективности предприятия, что позволяет оценить, какую позицию предприятие занимает на рынке.

Исходя из приведенных определений авторов и рассмотренной методики Ермаковой И.А., можно заключить, что совершенствование поведения фирмы в условиях усиления конкуренции – это длительный процесс, в рамках которого в долгосрочном периоде будет учитываться конкурентное преимущество, а также слабые стороны предприятия с целью его укрепления на рынке. Основная и главная цель данного процесса – разработка такой стратегии, которая позволит предприятию адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям и сформировать долгосрочные перспективы развития.

Библиографический список

1. Маркетинг: технологии и инструменты повышения конкурентоспособности: монография / Г.Л. Азоев [и др.]; под науч. ред. Г.Л. Азоева. М.: Русайнс, 2024. 140 с.
2. Баумгартен Л.В. Анализ методов определения конкурентоспособности организаций и продукции // Маркетинг в России и за рубежом: электронный научный журнал. 2005. № 4. URL: <http://www.mavriz.ru/articles/2005/4/3833.html> (дата обращения: 04.01.2026).
3. Ермакова И.А. Значение оценки конкурентоспособности предприятия в современных условиях // Молодой ученый. URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/221/12034/> (дата обращения: 04.01.2026).
4. Корнеева И.В., Хруцкий В.Е. Маркетинг: учебник и практикум для вузов. М.: Юрайт, 2025. 402 с.
5. Разиньков П.И., Разинькова О.П., Мартынов Д.В. Проблемы управления производственно-хозяйственной деятельностью на предприятии // Проблемы управления в социально-гуманитарных, экономических и технических системах: девятый ежегодный сборник научных трудов преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов факультета управления и социальных коммуникаций ТвГТУ: в 2 ч. / под общ. ред. И.И. Павлова. Тверь: ТвГТУ, 2021. Ч. 1. С. 89–92.
6. Разинькова О.П., Лялюк В.Н. Пути совершенствования внутрифирменного планирования на предприятии на основе метода BALANSED SCORECARD // Проблемы управления в социально-гуманитарных, экономических и технических системах: сборник научных трудов преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов факультета управления и социальных коммуникаций: в 2 ч. / под общ. ред. И.И. Павлова. Тверь: ТвГТУ, 2015. Ч. 2. С. 118–124.
7. Чараева М.В. Финансовый менеджмент: учебное пособие. 3-е изд., перераб. и доп. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. 248 с.

IMPROVING THE DEVELOPMENT OF A COMPANY'S BEHAVIOR STRATEGY IN THE FACE OF INCREASED COMPETITION

A.V. Panteleev, V.V. Lokhmatov, T.V. Evgrafova

Abstract. *This publication discusses the concept and process of improving the development of a company's behavior strategy in an increasingly competitive environment. The modern methodology and indicators that help to improve the company's position in the market and increase its competitive advantages are described.*

Keywords: *strategy improvement, company behavior strategy, competitive strategy.*

Об авторах:

ПАНТЕЛЕЕВ Андрей Валентинович – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: men_756@mail.ru

ЛОХМАТОВ Владимир Владимирович – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: men_756@mail.ru

ЕВГРАФОВА Татьяна Васильевна – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: men_756@mail.ru

About the authors:

PANTELEEV Andrey Valentinovich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men_756@mail.ru

LOKHMATOV Vladimir Vladimirovich – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men_756@mail.ru

EVGRAFOVA Tatyana Vasilyevna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men_756@mail.ru

УДК 352.1

УПРАВЛЕНИЕ ОСНОВНЫМИ ФОНДАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

П.И. Разиньков, О.П. Разинькова, Д.А. Шабанов

© Разиньков П.И., Разинькова О.П.,
Шабанов Д.А., 2026

***Аннотация.** Статья посвящена исследованию понятия «основные фонды» и изучению сущности процесса управления ими. Особое внимание уделено оценке эффективности данного процесса по обобщающим показателям. Отмечено, что грамотное управление основными фондами позволяет предприятиям повышать эффективность производственного процесса, изготавливать продукцию и осуществлять работы более высокого уровня.*

***Ключевые слова:** цифровизация, основные фонды, управление основными фондами, предприятие, эффективность производства, современные проблемы управления, экономика.*

Эффективное управление основными фондами (ОФ) в существенной мере связано с ростом качества выпускаемых товаров предприятия, так как в условиях рыночной конкуренции с большей скоростью и успехом реализуется и пользуется повышенным спросом высококачественная продукция. Инновационный подход к управлению основными средствами в условиях цифровизации дает возможность предприятиям повышать свою эффективность и уровень производства. При этом грамотное и инновационное использование ОФ компании способствует росту производительности и конкурентоспособности производимых предприятием товаров, работ и услуг.

Основные фонды выступают важнейшим элементом функционирования любой компании, от эффективности управления которыми зависит результат деятельности предприятия. Этим обуславливается актуальность данного исследования.

Разиньков П.И. и Разинькова О.П. сходятся во мнении, рассматривая ОФ в качестве «средств труда, которые используются предприятием в течение всего производственного процесса и переносят свою стоимость на продукцию по частям по мере изнашивания» [4].

Илаева З.М. и Ильясова К.Х. рассматривают ОФ промышленного предприятия. По их мнению, данная категория представляет собой «совокупность материально-вещественных ценностей, созданных общественным трудом, длительно участвующих в процессе производства в неизменной натуральной форме и переносящих свою стоимость на изготовленную продукцию по частям по мере износа» [1].

Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. дают следующее определение: «Основные средства – это длительно используемые средства производства, участвующие в производстве в течение многих циклов, имеющие длительные сроки амортизации» [5].

Состояние ОФ предприятия является одним из основополагающих факторов, которые определяют финансовое положение фирмы. Совершенствование управления невозможно без изучения понятия и сущности экономической категории «управление основными фондами» [6].

Под управлением ОФ Лапшин В.Ю., Худякова Д.А., Ситников А.С. подразумевают комплекс действий, направленных на эффективное и рациональное использование средств труда при осуществлении финансово-хозяйственной деятельности предприятия [2].

Новиков С.С. определяет управление ОФ как «совокупность мероприятий по разработке и использованию более обоснованных и совершенных механизмов и методов управления всеми средствами фирмы в зависимости от нестабильной экономической ситуации» [3].

Проанализировав определения данной экономической категории, предложенные различными авторами, можно сделать вывод о том, что

управление ОФ предприятия выступает в качестве комплекса действий, направленного на эффективное использование и воспроизводство средств труда (в том числе порядок их приобретения, учет, амортизационная политика, эксплуатация, лизинг и т.п.) при осуществлении финансово-хозяйственной деятельности предприятия.

Важно отметить, что для эффективного управления ОФ компании требуется регулярное проведение анализа и оценки их рационального формирования, использования и управления. Для оценки эффективности управления ОФ требуется проведение анализа обобщающих показателей [7].

К обобщающим показателям относят фондоотдачу и фондоемкость, фондовооруженность, а также фондорентабельность. Данные показатели рассчитываются по соответствующим формулам:

$$\text{ФО} = \frac{\text{ВП}}{\text{ОФ}_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где ФО – фондоотдача; ВП – стоимость выпущенной продукции за период, тыс. руб.; $\text{ОФ}_{\text{ср}}$ – средняя стоимость ОФ за период, тыс. руб.;

$$\Phi_{\text{емк}} = \frac{\text{ОФ}_{\text{ср}}}{\text{ВП}}, \quad (2)$$

где $\Phi_{\text{емк}}$ – коэффициент фондоемкости;

$$\text{ФВ} = \frac{\text{ОФ}_{\text{ср}}}{\text{ЧС}}, \quad (3)$$

где ФВ – фондовооруженность; $\text{ОФ}_{\text{ср}}$ – средняя стоимость ОФ за период, тыс. руб.; ЧС – среднесписочное количество работников;

$$P_{\text{оф}} = \frac{\text{Пр}}{\text{ОФ}_{\text{ср}}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{оф}}$ – фондорентабельность; Пр – прибыль компании за анализируемый период, тыс. руб. Данный коэффициент возможно рассчитывать в процентах.

Представленную систему показателей нужно анализировать в динамике. Благодаря этому по полученным данным можно сформулировать выводы об эффективности функционирования конкретного предприятия.

С целью проведения анализа эффективности управления ОФ используется бухгалтерская и финансовая отчетность, а также планы фирмы и прочие документы, которые формируются на различных стадиях осуществления производственного процесса [4].

После изучения теоретических основ проведения оценки эффективности управления ОФ фирмы необходимо осуществить анализ на условном примере акционерного общества (АО). Рассмотрим обобщающие показатели эффективности управления ОФ АО за 2023–2024 гг. (таблица). Их вычисление проводится по остаточной стоимости.

Обобщающие показатели эффективности управления
ОФ АО за 2023–2024 гг.

Наименование показателя	2023 г.	2024 г.	Изменение (+/–)
Выпуск продукции, тыс. руб.	3 222 300	4 526 561	1 304 261
Средняя стоимость ОФ, тыс. руб.	756 947,50	994 926,50	237 979
Чистая прибыль, тыс. руб.	54 566	277 904	223 338
Среднесписочное количество работников, чел.	3 192	3 270	78
Фондоотдача	4,26	4,55	0,29
Фондоемкость	0,23	0,22	–0,01
Фондовооруженность, руб/чел.	237,14	304,26	67,12
Рентабельность ОФ, %	7,21	27,93	20,72

Проанализировав данные таблицы, можно сделать выводы:

1. Фондоотдача в 2023 г. была 4,26; в отчетном периоде данный показатель увеличился на 0,29 и составил 4,55, что свидетельствует об улучшении эффективности управления ОФ. Фондоотдача находится на достаточно высоком уровне.

2. Фондоемкость сократилась на 0,01 с 0,23 и составила в 2023 г. 0,22. Снижение этого показателя – положительная тенденция в развитии компании. Кроме того, значение фондоемкости находится на низком уровне, что говорит об эффективности использования ОФ. Данная тенденция, а также значение фондоотдачи, которое превышает фондоемкость более чем в 20 раз, свидетельствуют о том, что управление основными средствами находится на довольно стабильном уровне.

3. Фондовооруженность в 2023 г. была 237,14 руб/чел., а в отчетном периоде данный показатель увеличился на 67,12 руб/чел. и составил 304,26 руб/чел., что свидетельствует о росте эффективности управления основными фондами фирмы. Увеличение фондовооруженности основных средств повышает производительность труда рабочего персонала, который непосредственно задействован в производстве.

Проанализировав и сравнив основные показатели, можно прийти к выводу о том, что управление основными фондами АО осуществляется эффективно.

Фондорентабельность в 2023 г. была 7,21 %, а в 2024 г. увеличилась на 20,72 % и составила 27,93 %. Данное значение говорит о существенном росте эффективности управления ОФ. Показатель увеличился за данный период более чем в 3,8 раза.

Совершенствование управления ОФ предприятия – необходимое условие увеличения прибыли и рентабельности, а также повышения конкурентоспособности предприятия. Комплексная оценка и систематический

анализ показателей эффективности управления ОФ позволяют добиться максимизации экономических и финансовых результатов функционирования организации.

Библиографический список

1. Илаева З.М., Ильясова К.Х., Ибрагимова Э.Д. Теоретический аспект сущности понятия основных фондов // Цифровая экономика: проблемы и перспективы развития: сборник научных статей 6-й Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 18 декабря 2024 года. Курск: Университетская книга, 2024. С. 222–224.

2. Лапшин В.Ю., Худякова Д.А., Ситников А.С. Современные технологии в повышении эффективности управления основными фондами предприятия // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество. 2019. № 3. С. 42–48.

3. Новиков С.С. Понятие и сущность терминов «основной капитал», «основные фонды» и «основные средства» // Современная экономика: актуальные вопросы: достижения и инновации: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции / отв. ред. Г.Ю. Гуляев. Пенза: Наука и Просвещение, 2018. С. 42–44.

4. Разиньков П.И., Разинькова О.П. Проблемы совершенствования управления основными производственными фондами предприятия // Современные технологии и инновации: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2020. С. 40–44.

5. Разинькова О.П. Экономическая оценка вариантов инвестиций в обновление основных производственных фондов предприятия // Организатор производства. 2009. № 1 (40). С. 55–59.

6. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. 6-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2024. 512 с.

7. Шабанов Д.А. Понятие и сущность управления основными производственными фондами предприятия // Молодой ученый. 2025. № 30 (581). С. 66–68.

MANAGEMENT OF ENTERPRISE FIXED ASSETS

P.I. Razinkov, O.P. Razinkova, D.A. Shabanov

Abstract. *The article is devoted to the study of the concept of «fixed assets» and the essence of their management process. Special attention is paid to assessing the effectiveness of this process using general indicators. It has been noted that competent management of fixed assets allows enterprises to increase the efficiency of their production processes, manufacture products, and carry out higher-level work.*

Keywords: digitalization, fixed assets, management of fixed assets, enterprise, production efficiency, modern management problems, economics.

Об авторах:

РАЗИНЬКОВ Павел Иванович – доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: men_756@mail.ru

РАЗИНЬКОВА Оксана Павловна – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой менеджмента, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: razinkovaoksana@mail.ru

ШАБАНОВ Дмитрий Алексеевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: men_756@mail.ru

About the authors:

RAZINKOV Pavel Ivanovich – Doctor of Economics, Professor of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men_756@mail.ru

RAZINKOVA Oksana Pavlovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: razinkovaoksana@mail.ru

SHABANOV Dmitry Alekseevich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men_756@mail.ru

УДК 352.4

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

**О.П. Разинькова, А.В. Пантелеев,
В. Нурмамедов, М.И. Петрова**

© Разинькова О.П., Пантелеев А.В.,
Нурмамедов В., Петрова М.И., 2026

***Аннотация.** В статье рассмотрены теоретические и практические аспекты формирования ресурсного потенциала предприятия как ключевого фактора обеспечения его конкурентоспособности и устойчивого развития. Раскрыта сущность ресурсного потенциала, определены его составные элементы, включающие материальные, трудовые, финансовые, информационные и интеллектуальные ресурсы. Проанализированы внутренние и*

внешние факторы, влияющие на процесс формирования ресурсного потенциала, особенности их взаимодействия и роль стратегического управления в обеспечении эффективного использования ресурсов. Сделан акцент на необходимости комплексного подхода к управлению ресурсами для достижения стабильных экономических результатов и повышения адаптивности предприятия к изменениям внешней среды.

Ключевые слова: *ресурсный потенциал предприятия, материальные ресурсы, трудовые ресурсы, финансовые ресурсы, интеллектуальный капитал, информационные ресурсы, стратегическое управление, конкурентоспособность.*

Современные условия функционирования предприятий характеризуются высокой динамичностью внешней среды, ростом конкуренции и необходимостью постоянного совершенствования хозяйственных процессов. В этих условиях особое значение приобретает грамотное формирование и рациональное использование ресурсного потенциала предприятия, выступающего основой его производственно-хозяйственной деятельности и фактором обеспечения конкурентоспособности. Ресурсный потенциал отражает совокупность всех имеющихся у предприятия ресурсов (материальных, трудовых, финансовых, информационных и интеллектуальных), а также способность эффективно использовать их для достижения стратегических и текущих целей развития.

Ресурсный потенциал предприятия рассматривается не только как совокупность ресурсов, но и как система их взаимодействия, взаимодополняемости и трансформации в готовую продукцию или услуги. Важным аспектом является то, что ресурсы обладают разной степенью доступности, мобильности, а также стоимостью привлечения, что требует от предприятия разработки комплексной стратегии управления ими [7]. В то же время ресурсный потенциал не является статичной величиной: он изменяется в зависимости от масштабов производства, инновационной активности, уровня развития технологий, кадровой политики и состояния рыночной среды.

Материальные ресурсы предприятия включают основные фонды и оборотные средства, определяют физическую основу производственного процесса. Формирование материального потенциала требует учета износа оборудования, уровня технологичности производственных линий и возможности их модернизации [3]. Предприятия, ориентированные на устойчивое развитие, активно внедряют современные цифровые и автоматизированные системы управления производством, что позволяет повышать производительность труда, снижать издержки, минимизировать влияние человеческого фактора и оптимизировать использование сырья и материалов. При формировании материального потенциала важным

является соотношением капитальных затрат и потенциального прироста эффективности: избыточные инвестиции могут привести к росту себестоимости, тогда как недостаточные – к технологическому отставанию и снижению конкурентоспособности.

На предприятиях формируется трудовой потенциал, который становится ключевым ресурсом их развития. Формирование высокоэффективного трудового потенциала требует реализации программ обучения персонала, повышения его квалификации, развития корпоративной культуры, стимулирования инициативности и ответственности персонала. Важное место в формировании трудового потенциала предприятия занимает система мотивации персонала, которая должна учитывать не только материальные, но и нематериальные факторы: признание, возможности карьерного роста, участие в управлении предприятием. Эффективное управление трудовым потенциалом предприятия базируется на оптимизации численности персонала, грамотном распределении его функций, применении современных методов оценки результатов деятельности.

Финансовый потенциал предприятия характеризует его способность привлекать и распределять финансовые ресурсы, обеспечивать устойчивость денежного оборота и инвестиционную активность. Он включает собственный капитал, заемные средства, уровень ликвидности и доступ к финансовым рынкам. Основной целью формирования финансового потенциала является достижение оптимального соотношения между собственными и заемными ресурсами, позволяющего минимизировать финансовые риски и обеспечить достаточную маневренность [1]. Большое значение имеют управление затратами и доходами, анализ рентабельности, обеспечение устойчивого денежного потока, а также прогнозирование финансовых показателей в условиях неопределенности. Уровень финансового потенциала определяет способность предприятия инвестировать в обновление оборудования, инновации и развитие новых направлений деятельности.

Информационный и интеллектуальный потенциал предприятия становится все более значимым в условиях цифровой трансформации экономики. Информация выступает стратегическим ресурсом, определяющим качество управленческих решений, оперативность реакции на изменения внешней среды и способность предприятия адаптироваться к новым требованиям рынка. Ключевыми элементами информационного потенциала являются информационные системы, базы данных, цифровые технологии, программное обеспечение и аналитические инструменты [4]. Интеллектуальный потенциал включает знания, компетенции, патенты, авторские права, уникальные технологии и ноу-хау. Его развитие связано с научно-исследовательской деятельностью, инновационной активностью и

внедрением технологий управления знаниями. Предприятия, ориентированные на долгосрочную устойчивость, создают внутренние инновационные центры, стимулируют креативность сотрудников и формируют механизмы передачи и накопления знаний [2].

Формирование ресурсного потенциала предприятия осуществляется под воздействием ряда факторов внутреннего и внешнего характера. К внутренним факторам относятся организационная структура, корпоративная культура, стратегические цели, уровень развития технологий, квалификация работников и система управления, а к внешним – состояние отрасли, уровень конкуренции, государственное регулирование, технологические тенденции и макроэкономические условия [5]. В условиях высокой неопределенности и нестабильности внешней среды предприятия должны уделять особое внимание гибкости ресурсной стратегии, способности оперативно перераспределять ресурсы и адаптироваться к изменениям спроса.

Важной особенностью формирования ресурсного потенциала является его интеграция в общую систему стратегического управления предприятием. Ресурсный потенциал должен соответствовать выбранной стратегии развития: например, для стратегии инновационного роста требуется высокий интеллектуальный и информационный потенциал, для стратегии снижения издержек – эффективность материального и трудового потенциала, для стратегии расширения рынков – значительный финансовый и инвестиционный потенциал. Таким образом, управление ресурсным потенциалом предполагает его оценку, планирование, контроль, развитие и оптимизацию [8].

Особое значение в формировании ресурсного потенциала предприятия приобретает оценка его сбалансированности и способности к воспроизводству. Ресурсы не должны рассматриваться изолированно: материальные активы утрачивают ценность без квалифицированного персонала, финансовые ресурсы не обеспечивают эффективности без продуманной структуры управления, а интеллектуальный капитал не реализуется без развитой технологической базы. Следовательно, ресурсный потенциал отражает не только наличие ресурсов, но и способность предприятия поддерживать их в актуальном состоянии, возобновлять и развивать.

Успешные предприятия ориентируются на долгосрочное развитие, активно внедряют инновации, формируют высококвалифицированные команды, совершенствуют материально-техническую базу и финансовую политику. В современных условиях способность предприятия эффективно управлять ресурсным потенциалом становится ключевым фактором его выживания и устойчивого конкурентного преимущества.

Библиографический список

1. Алпеева Е.А., Краснобаева В.С. Ресурсный потенциал как способ повышения эффективности функционирования промышленных предприятий // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 113–120.
2. Давыдов Д.А. Пути повышения эффективности использования ресурсного потенциала предприятия // Экономика и социум. 2024. № 9. (124). С. 482–484.
3. Давыдов Д.А. Методика анализа ресурсного потенциала предприятия // Экономика и социум. 2024. № 9 (124). С. 485–487.
4. Иванова О.Г., Тулин Д.А. Информационное обеспечение промышленности: цифровые технологии как фактор повышения эффективности // Парадигма. 2025. № 9-2. С. 16–20.
5. Кузнецов К.В. Методы управления ресурсным обеспечением предприятия в условиях цифровизации // Вестник Евразийской науки. 2024. № 5S. С. 1–8.
6. Новосельцева Л.Н., Буланкина Н.Н. Методика комплексной оценки ресурсного потенциала предприятия // Форум молодых ученых. 2025. № 10 (110). С. 76–78.
7. Разиньков П.И., Разинькова О.П., Мартынов Д.В. Проблемы управления производственно-хозяйственной деятельностью на предприятии // Проблемы управления в социально-гуманитарных, экономических и технических системах: девятый ежегодный сборник научных трудов преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов факультета управления и социальных коммуникаций ТвГТУ: в 2 ч. / под общ. ред. И.И. Павлова. Тверь: ТвГТУ, 2021. Ч. 1. С. 89–92.
8. Разинькова О.П., Лялюк В.Н. Пути совершенствования внутрифирменного планирования на предприятии на основе метода BALANSED SCORECARD // Проблемы управления в социально-гуманитарных, экономических и технических системах: сборник научных трудов преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов факультета управления и социальных коммуникаций: в 2 ч. / под общ. ред. И.И. Павлова. Тверь: ТвГТУ, 2015. Ч. 2. С. 118–124.
9. Спирин А.В. Факторы повышения эффективности формирования и использования ресурсного потенциала предприятий промышленности // Региональная и отраслевая экономика. 2023. № S2. С. 81–87.
10. Тудораки О.П., Шевцова Н.В. Ресурсный потенциал предприятия и его структура // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2022. № 3. С. 187–189.

FEATURES OF THE FORMATION OF THE RESOURCE POTENTIAL OF THE ENTERPRISE

**O.P. Razinkova, A.V. Panteleev,
V. Nurmamedov, M.I. Petrova**

Abstract. *The article examines the theoretical and practical aspects of forming the resource potential of an enterprise as a key factor in ensuring its competitiveness and sustainable development. The essence of the resource potential is revealed, its constituent elements are determined, including material, labor, financial, information and intellectual resources. The internal and external factors influencing the process of forming resource potential, the specifics of their interaction and the role of strategic management in ensuring the effective use of resources are analyzed. The emphasis is placed on the need for an integrated approach to resource management in order to achieve stable economic results and increase the adaptability of the enterprise to changes in the external environment.*

Keywords: *resource potential of the enterprise, material resources, labor resources, financial resources, intellectual capital, information resources, strategic management, competitiveness.*

Об авторах:

РАЗИНЬКОВА Оксана Павловна – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой менеджмента, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: razinkovaoksana@mail.ru

ПАНТЕЛЕЕВ Андрей Валентинович – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: men_756@mail.ru

НУРМАМЕДОВ Валиджан – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: men_756@mail.ru

ПЕТРОВА Мария Игоревна – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: men_756@mail.ru

About the authors:

RAZINKOVA Oksana Pavlovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: razinkovaoksana@mail.ru

PANTELEEV Andrey Valentinovich – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men_756@mail.ru

NURMAMEDOV Valijan – Master’s Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men_756@mail.ru

PETROVA Maria Igorevna – Master’s Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: men_756@mail.ru

УДК 338.001.36

АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ИНСТРУМЕНТОВ И САДОВОЙ ТЕХНИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Т.Б. Яконовская, С.С. Шибанов

© Яконовская Т.Б., Шибанов С.С., 2026

***Аннотация.** В статье проведен анализ рынка инструментов и садовой техники г. Твери с целью определения требований к системе входного контроля качества в розничной торговле. Методами кабинетного исследования, тайного покупателя и сравнительного анализа выявлены ключевые игроки, структура ассортимента, ценовая политика и слабые места конкурентов. Результаты исследования позволили сформулировать требования к системе контроля качества, ориентированные на формирование конкурентного преимущества за счет минимизации брака и повышения лояльности потребителей.*

***Ключевые слова:** анализ рынка, электроинструмент, садовая техника, розничная торговля, качество.*

Эффективность системы управления качеством в розничной торговле зависит не только от внутренних процедур, но и от понимания рыночного контекста. Региональная специфика, уровень конкуренции, структура спроса и поведение ключевых игроков напрямую влияют на требования к качеству товара и сервиса. Для розничного магазина инструментов и садовой техники в г. Твери формирование конкурентоспособного предложения невозможно без анализа регионального рынка [1–3].

Исследование рынка электроинструментов и садовой техники проводилось с применением следующих методов:

кабинетного исследования – анализа сайтов, страниц в социальных сетях, отзывов на площадках «Яндекс Карты», Google Maps, «2ГИС»;

тайного покупателя – посещения точек продаж для оценки ассортимента, цен, уровня обслуживания;

сравнительного анализа – сопоставления игроков по заданным критериям (ассортименту, ценам, услугам);

контент-анализа отзывов – выявления частых претензий, связанных с качеством товара и обслуживания.

В результате проведенного анализа рынок электроинструментов и садовой техники сегментирован на 4 группы игроков, характеристики которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сегменты рынка электроинструментов и садовой техники г. Твери

Сегмент	Игроки рынка	Характеристики
Крупные федеральные сетевые гипермаркеты	«Лемана-ПРО», Castorama	Широкий ассортимент, акцент на товарах для дома и ремонта, умеренные цены, система скидок, собственные сервисные центры
Специализированные сетевые и локальные магазины	«220 Вольт», «Инструмент-Центр», «Профи», локальные точки («Мастерок», «Инструмент плюс»)	Узкая специализация, широкий ассортимент в категориях, консультационный подход, цены от средних до высоких
Рынки и торговые комплексы	Торговые ряды на ул. Туполева, «Стройбазар»	Низкие цены, преобладание бюджетных и неизвестных брендов, минимальный сервис, высокий риск контрафакта
Онлайн-платформы с пунктами выдачи в г. Твери	OZON, Wildberries, «Яндекс.Маркет»	Максимальный выбор, низкие цены за счет прямых поставок, отсутствие живых консультаций, сложности с гарантией и возвратом

Анализ табл. 1 показывает, что на рынке электроинструментов и садовой техники г. Твери доминируют федеральные сети. Однако специализированные магазины сохраняют нишу за счет экспертизы качества инструмента и сервисного обслуживания. Конкуренция представлена в двух направлениях: цена и качество сервисного обслуживания [4, 5].

Для анализа претензий покупателей был проведен контент-анализ по 150 отзывам о магазинах электроинструментов и садовой техники в г. Твери. Результат анализа представлен в табл. 2.

Таблица 2

**Виды претензий к качеству электроинструмента
и садовой техники в отзывах потребителей [6]**

Категория проблемы	Частота упоминаний, %	Пример формулировки
Бракованный товар «из коробки»	38	«Купил дрель, аккумулятор не заряжался», «Пила пришла со сколом на корпусе»
Неполная комплектация	22	«В коробке не было зарядного устройства», «Отсутствовал ключ для патрона»
Некомпетентность персонала	18	«Продавец не смог ответить на вопросы о характеристиках»
Сложности с гарантией и возвратом	15	«Долго тянули с гарантийным ремонтом», «Отказались принимать возврат без чека»
Неправильная работа инструмента после непродолжительного использования	7	«Шуруповерт сломался через неделю»

Анализ табл. 2 показывает, что почти 60 % всех негативных отзывов связано с проблемами, которые можно было бы выявить или предотвратить на этапе входного контроля в магазине (брак, комплектация).

На основе проведенного анализа можно сформулировать требования к системе входного контроля для розничного магазина, ориентированного на конкуренцию в условиях г. Твери:

приоритетность контроля для бюджетного сегмента. Так как конкуренция по цене высока, а риски брака в низком ценовом сегменте максимальны, процедуры входного контроля для таких товаров должны быть наиболее жесткими и включать обязательный выборочный функциональный тест;

фокус на комплектацию. Высокая частота жалоб на неполную комплектацию говорит о том, что проверка соответствия содержимого коробки заводской инструкции должна быть обязательной, а не выборочной;

контроль документации и маркировки. Для противодействия рискам рынков и некоторых онлайн-поставщиков необходим усиленный контроль сертификатов соответствия и маркировки, особенно для бензоинструмента и мощного электроинструмента;

интеграция данных контроля в системы управления взаимоотношениями с клиентами (CRM). Для формирования уникального торгового предложения данные о выявленном браке по поставщикам должны анализироваться. Это позволит сменить ненадежного поставщика

и использовать факт «двойной проверки качества» как маркетинговый аргумент;

стандартизация процесса консультации. Чтобы определить слабое место конкурентов (некомпетентность персонала), результаты контроля (например, «партия проверена, брак не выявлен») могут служить основой для уверенной консультации клиентов.

Проведенный анализ рынка электроинструментов и садовой техники г. Твери показал, что в условиях высокой конкуренции и четкой сегментации конкурентное преимущество можно получить не только за счет цены или ассортимента, но и благодаря безупречному качеству предлагаемого товара. Назовем основные требования к системе контроля качества, сформированные по итогам исследования:

усиление контроля для бюджетных брендов и новых поставщиков;
сквозная проверка комплектности электроинструментов и садовой техники;

документальный аудит инструментов как защита от недобросовестных поставщиков;

использование данных контроля для улучшения закупок.

Таким образом, анализ регионального рынка является не маркетинговой, а управленческой задачей, прямым образом влияющей на проектирование эффективной и экономически обоснованной системы управления качеством в розничной торговле. Внедрение системы контроля, построенной на этих требованиях, позволит сократить прямые убытки от возвратов и построить устойчивую репутацию магазина как самого надежного продавца инструментов в г. Твери.

Библиографический список

1. Портер М. Конкурентная стратегия: методика анализа отраслей и конкурентов. М.: Альпина Паблишер, 2016. 456 с.

2. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования (в части анализа со стороны руководства и определения требований к продукции). М.: Стандартинформ, 2015. 24 с.

3. Яконовская Т.Б., Воронов А.Е., Куликова Л.В. Тренды в цифровой трансформации бизнеса в 2025 году // Научные приоритеты в условиях цифровой трансформации: инновации, проблемы, перспективы развития: сборник научных трудов конференции, Москва, 20 мая 2025 года. Тверь: Институт фундаментальных исследований, 2025. С. 110–113.

4. Воронов А.Е., Яконовская Т.Б. Цифровой маркетинг в управлении качеством взаимодействия с клиентами предприятий // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Тверь, 12 февраля 2025 года: в 2 ч. / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2025. Ч. 1. С. 166–172.

5. Яконовская Т.Б., Куликова Л.В. Обзор доступных информационно-аналитических систем для бизнес-аналитики // Междисциплинарные исследования экономических систем: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 30 мая 2024 года / отв. ред. А.Н. Бородулин. Тверь: ТвГТУ, 2024. С. 181–187.

6. Отзывы о магазине «Все Инструменты.ру» (Россия, Тверь). URL: https://otzovik.com/reviews/magazin_vseinstrumenti_ru_russia_tver/?ysclid=mjru9ptn79173921685 (дата обращения: 28.12.2025).

ANALYSIS OF THE REGIONAL MARKET OF TOOLS AND GARDENING MACHINERY AS A TOOL FOR FORMING REQUIREMENTS TO A QUALITY CONTROL SYSTEM

T.B. Yakonovskaya, S.S. Shibanov

Abstract. *This article analyzes the Tver tool and garden equipment market to determine requirements for an incoming quality control system in retail. Using desk research, mystery shopping, and comparative analysis, key players, product mix, pricing policies, and competitor weaknesses were identified. The study's results allowed for the formulation of quality control system requirements aimed at fostering a competitive advantage by minimizing defects and increasing customer loyalty.*

Keywords: *market analysis, power tools, garden equipment, retail, quality.*

Об авторах:

ЯКОНОВСКАЯ Татьяна Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления производством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tby81@yandex.ru

ШИБАНОВ Степан Сергеевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tstu-emp@mail.ru

About the authors:

YAKONOVSKAYA Tatyana Borisovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tby81@yandex.ru

SHIBANOV Stepan Sergeevich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tstu-emp@mail.ru

СЕКЦИЯ 2

ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СТРОИТЕЛЬСТВО И СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 67.11.31

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ НА РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ: СРАВНЕНИЕ БЕСКАПИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПЛИТ С КАПИТЕЛЯМИ

Т.Р. Баркая, С.Л. Субботин,
А.В. Бровкин, В.Ю. Артемьев

© Баркая Т.Р., Субботин С.Л.,
Бровкин А.В., Артемьев В.Ю., 2026

***Аннотация.** Целью работы является анализ усилий и перемещений в различных вариантах железобетонных плит перекрытий промышленных зданий при действии статической нагрузки с учетом физической нелинейности. Рассмотрены основные деформационные теории, применяемые к композитным материалам, и выполнено сравнение результатов расчетов для двух типов перекрытий – с капителями и без – с использованием понижающих (редукционных) коэффициентов, рекомендованных на начальном этапе СП 430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы». Проведены как линейный, так и нелинейный автоматизированные расчеты в программном комплексе SCAD Office (версия 21.1.9.9), что позволило оценить влияние учета нелинейного поведения железобетона на распределение напряжений и величины перемещений.*

***Ключевые слова:** железобетонные перекрытия, бескапительные перекрытия, капители, понижающие коэффициенты, SCAD Office.*

Введение

В настоящее время при проектировании строительных конструкций преимущественно применяется линейная расчетная схема, что обусловлено ее простотой и возможностью значительно сократить как вычислительную сложность, так и трудозатраты на проведение расчетов. Однако для более достоверной оценки работы сооружений необходимо учитывать физическую нелинейность материалов уже на стадии проектирования [1–3]. При расчете железобетонных конструкций (ЖБК) с использованием нелинейных диаграмм деформирования бетона и

арматуры [3–4] достигается более точное моделирование их напряженно-деформированного состояния. Это позволяет максимально эффективно использовать несущую способность конструкционных материалов при оценке прочности, жесткости (по второй группе предельных состояний) и устойчивости элементов конструкций.

Учет физической нелинейности по рекомендациям нормативных документов

Бетон демонстрирует нелинейное поведение уже при незначительных уровнях нагружения, поэтому перераспределение внутренних усилий в ЖБК требует серьезного учета. В упрощенных расчетных моделях физическая нелинейность, как правило, учитывается только через снижение жесткости конечных элементов посредством введения понижающих (редукционных) коэффициентов. Согласно требованиям п. 5.1.2 СП 63.13330.2018 и ст. 16 Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», расчет прочности железобетонных элементов должен выполняться с учетом физической нелинейности бетона. Подход с использованием редукционных коэффициентов был впервые предложен в СП 52-103-2007. Для приближенной оценки деформаций рекомендуется принимать следующие значения коэффициентов снижения модуля упругости бетона с учетом длительного действия нагрузки: 0,6 – для вертикальных несущих элементов; 0,2 – для плит перекрытий (покрытий) при наличии трещин; 0,3 – при отсутствии трещин.

Тем не менее СП 430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы» (п. 6.2.9) ограничивает применение этих коэффициентов стадией предварительного расчета, указывая на их условный характер. Ключевой недостаток такого подхода заключается в том, что единый коэффициент редукции, применяемый ко всему элементу, не отражает реального распределения жесткости, а именно:

в опорных зонах, где образуются трещины, фактическая жесткость ниже, чем в расчете, что ведет к недоармированию;

пролетных зонах жесткость, напротив, выше, что приводит к избыточному армированию. Линейный расчет не учитывает это перераспределение жесткостей и усилий, что на практике может вызвать появление трещин с раскрытием, превышающим нормативные пределы, особенно в зонах недостаточного армирования.

Расчет в линейной и нелинейной постановке с использованием ПК SCAD Office

Технология расчета ЖБК с учетом физической нелинейности реализована в программном комплексе SCAD Office в рамках расчета по первой группе предельных состояний. Рассмотрены два варианта безбалочного монолитного перекрытия при одинаковой сетке колонн

6 × 6 м: 1) бескапитальное перекрытие (рис. 1); 2) перекрытие с капителями (рис. 2).

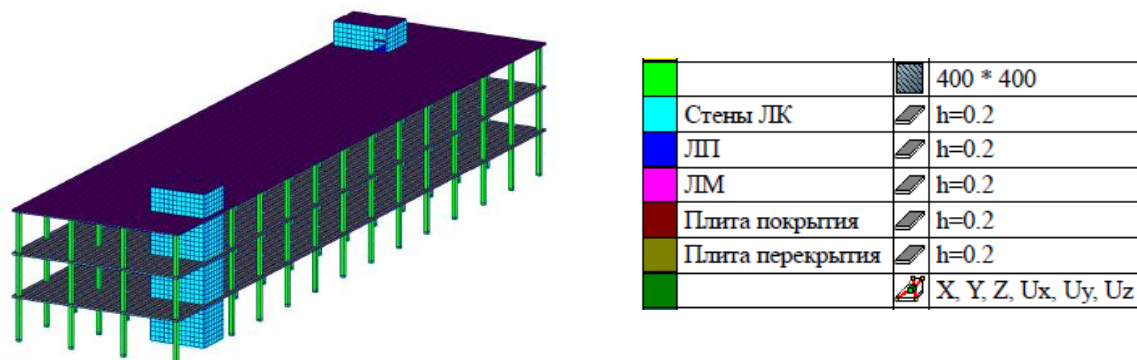


Рис. 1. Общий вид модели (перекрытие без капители)

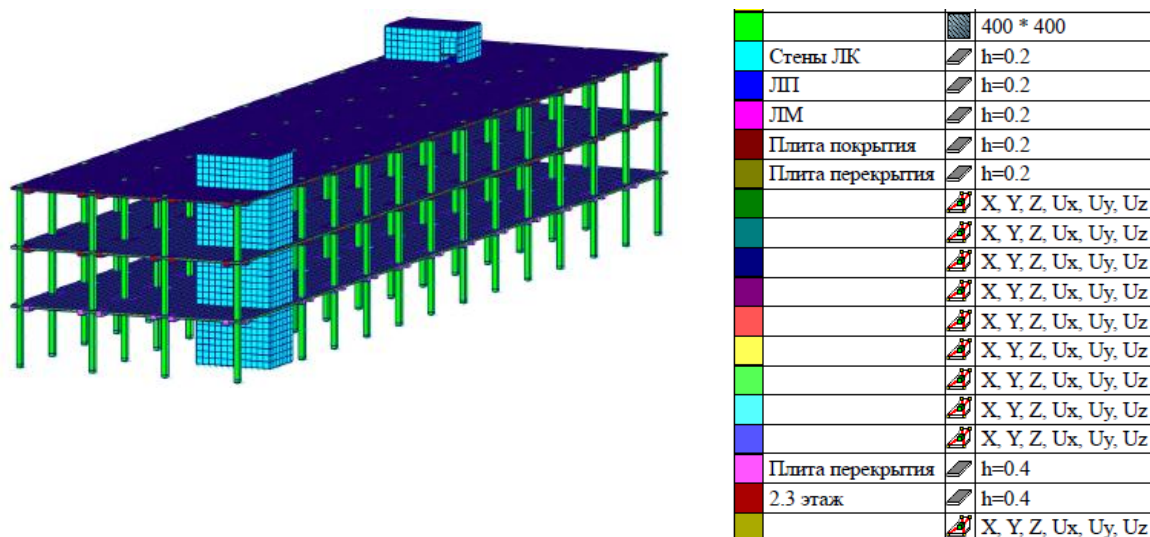


Рис. 2. Общий вид модели (перекрытие с капителью)

Размеры конечных элементов (КЭ) приняты для плиты – 0,2 м, капителей – 0,4 м.

Расчет выполнен с учетом следующих нагрузок:

собственного веса конструкций (коэффициент надежности по нагрузке – 1,1);

дополнительной постоянной нагрузки – 8 кПа (коэффициент надежности – 1,3).

Материалы: бетон класса В25, арматура А500.

Этап 1. Процедура подбора армирования для ЖБК осуществляется на основе результатов линейного расчета с применением коэффициентов редуцирования жесткости. Для плит перекрытий и покрытий принимаются значения понижающего коэффициента, равные 0,3, 0,2, что соответствует рекомендациям СП 430.1325800.2018 «Монолитные конструктивные системы» (рис. 3, 4).

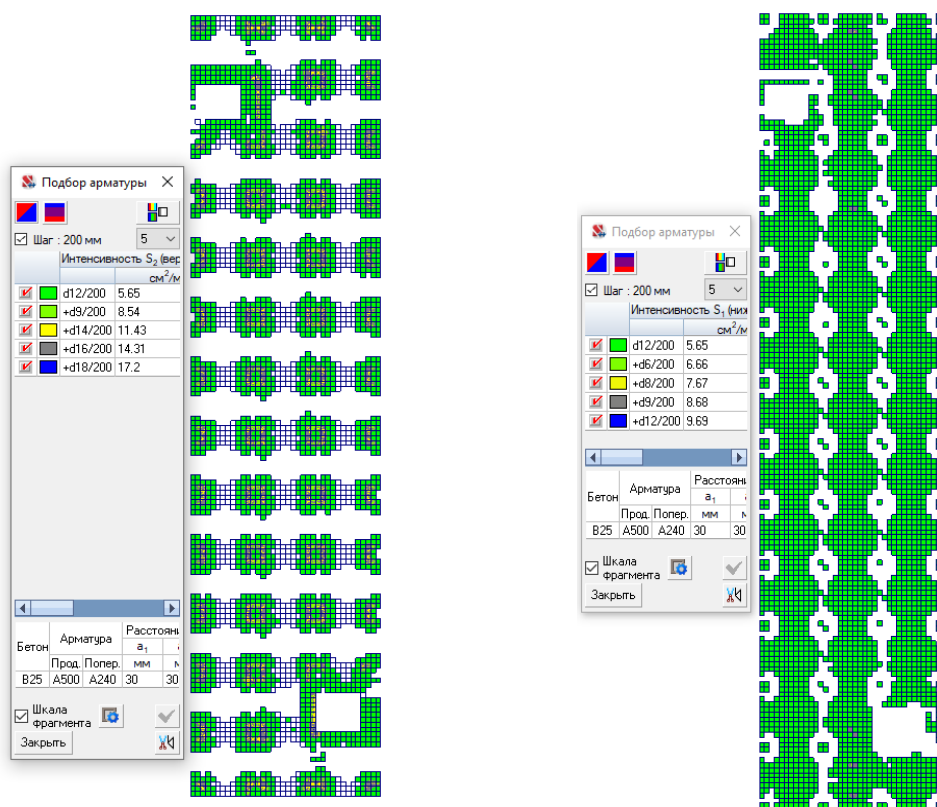


Рис. 3. Вычисление по результатам
линейного расчета с коэффициентом 0,3–0,2
(армирование по X верхнее и нижнее).
Плита перекрытия без капители

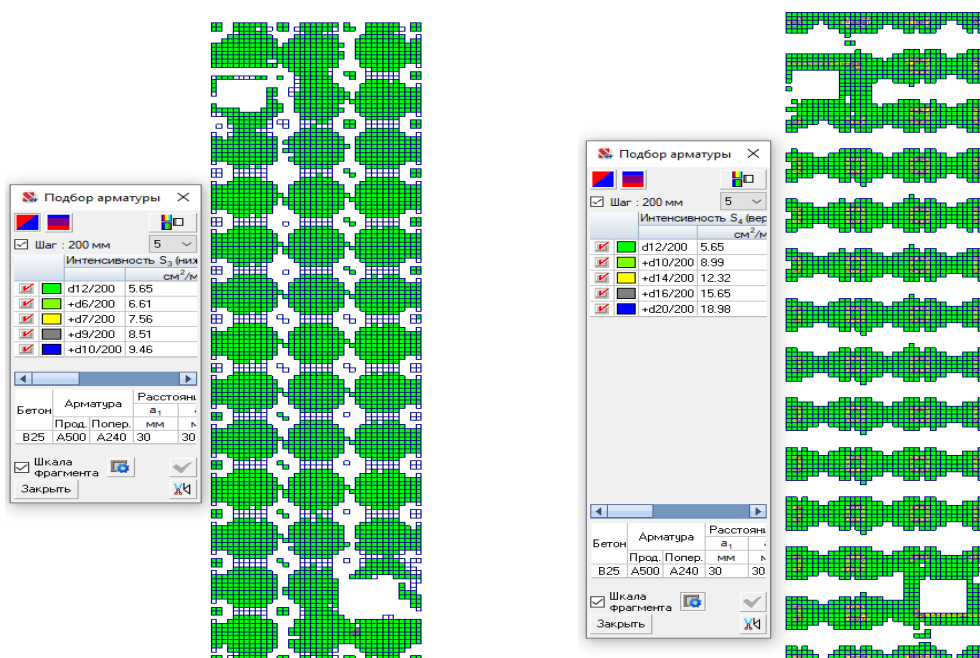


Рис. 4. Вычисление по результатам
линейного расчета с коэффициентом 0,3–0,2
(армирование по Y верхнее и нижнее).
Плита перекрытия без капители

Последовательность выполнения расчета:

1. Конечные элементы конструкции объединяются в группу армирования с едиными параметрами.

2. Осуществляется линейный статический расчет с учетом редуцированных жесткостей.

3. На основании расчетных сочетаний усилий (РСУ) определяются требуемые площади поперечного сечения арматуры для каждого элемента.

Этап 2. Физически нелинейный расчет выполняется с учетом армирования, заданного на первом этапе моделирования, и проводится на кратковременное действие полной расчетной нагрузки с целью получения достоверного распределения внутренних усилий в ЖБК. Для этого на основании полученных данных об армировании сечения ПП в программу вводятся исходные данные (рис. 5):

класс бетона и класс арматуры;

количество и диаметр стержней в зависимости от назначаемой ширины b ;

геометрические составляющие рассчитываемого элемента.

Балка прямоугольного сечения. Плита (расчёт на ширину 1 м).					
Бетон		B25			
Арматура		A500			
основная растянутая арматура:	5	d	12	количество стержней, диаметр	
дополнительная растянутая арматура:	5	d	12		
основная сжатая арматура:	5	d	12		
дополнительная сжатая арматура:	5	d	20		
Геометрические характеристики	b , мм	1000			
	h , мм	200			
	a , мм	30			
	a' , мм	30			
Относительная влажность воздуха		70%			
Момент образования трещин	$M_{crc, pl}$	15.56	кН·м =	1.59	тс·м
Предельный изгибающий момент	M_{ult}	68.88	кН·м =	7.02	тс·м
Факт момент в сечении 1ГПС	M	28.1	кН·м =	2.86	тс·м
Фактический модуль деформации	$E^{1ГПС}_{red}$	21194	кН·м =	2.16E+06	тс·м
Факт момент в сечении 2ГПС	M	3.0	кН·м =	0.31	тс·м
Фактический модуль деформации	$E^{2ГПС}_{red}$	11205	кН·м =	1.14E+06	тс·м

Рис. 5. Исходные данные, вводимые в программу, и полученные моменты в зависимости от армирования пластин (плита перекрытия без капители)

В результате получаем изгибающие моменты (таблица), которые берутся от момента образования трещин M_{crc} и доходят до вычисленного значения предельного изгибающего момента. По формуле, приведенной в СП63.13330.2018, программа определяет следующие величины:

предельный момент M_{ult} и соответствующую жесткость при этом моменте D_{ult} ;

момент образования трещин M_{crc} и жесткость D_{el} , соответствующую упругой работе элемента.

Зная моменты M_{ult} и M_{crc} для конкретного железобетонного сечения и соответствующие им жесткости, можно вычислить условный коэффициент снижения жесткости.

Значения изгибающих моментов
и коэффициентов снижения жесткости (плита перекрытия без капители)

Изгибающий момент, кН·м	Изгибающий момент, тс·м	Коэффициент снижения жесткости (1-я группа предельных состояний)	Модуль упругости, МПа	Модуль упругости, тс·м ²	Коэффициент снижения жесткости, (2-я группа предельных состояний)	Модуль упругости, МПа	Модуль упругости, тс·м ²	Исправленный коэффициент снижения жесткости (1-я группа предельных состояний)	Исправленный модуль упругости, МПа	Исправленный модуль упругости, тс·м ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
≥15,56	≥1,59	1,000	25 500	2,60E + 06	0,439	11 205	1,14E + 06	0,439	11 205	1,14E + 06
20,89	2,13	0,928	23 663	2,41E + 06	0,421	10 735	1,09E + 06	0,439	4 923	5,02E + 05
26,22	2,67	0,856	21 826	2,23E + 06	0,403	10 265	1,05E + 06	0,408	4 569	4,66E + 05
31,55	3,22	0,784	19 990	2,04E + 06	0,384	9 795	9,99E + 05	0,376	4 214	4,03E + 05
36,88	3,76	0,712	18 153	1,85E + 06	0,366	9 325	9,51E + 05	0,344	3 859	3,94E + 05
42,22	4,30	0,640	16 316	1,66E + 06	0,347	8 855	9,03E + 05	0,313	3 505	3,57E + 05
47,55	4,85	0,568	14 479	1,48E + 06	0,329	8 385	8,55E + 05	0,281	3 150	3,21E + 05

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
52,88	5,39	0,496	12 642	1,29E + 06	0,310	7 915	8,07E + 05	0,249	2 795	2,85E + 05
58,21	5,93	0,424	10 806	1,10E + 06	0,292	7 445	7,59E + 05	0,218	5 441	2,49E + 05
63,54	6,48	0,352	8 969	9,15E + 05	0,274	6 975	7,11E + 05	0,186	2 086	2,13E + 05
68,88	7,02	0,280	7 132	7,27E + 05	0,255	6 505	6,63E + 05	0,123	1 377	1,40E + 05

Выбор направления оси (X, Y) для введения арматуры не имеет значения, поскольку шаг колонн в продольном и поперечном направлениях одинаковый.

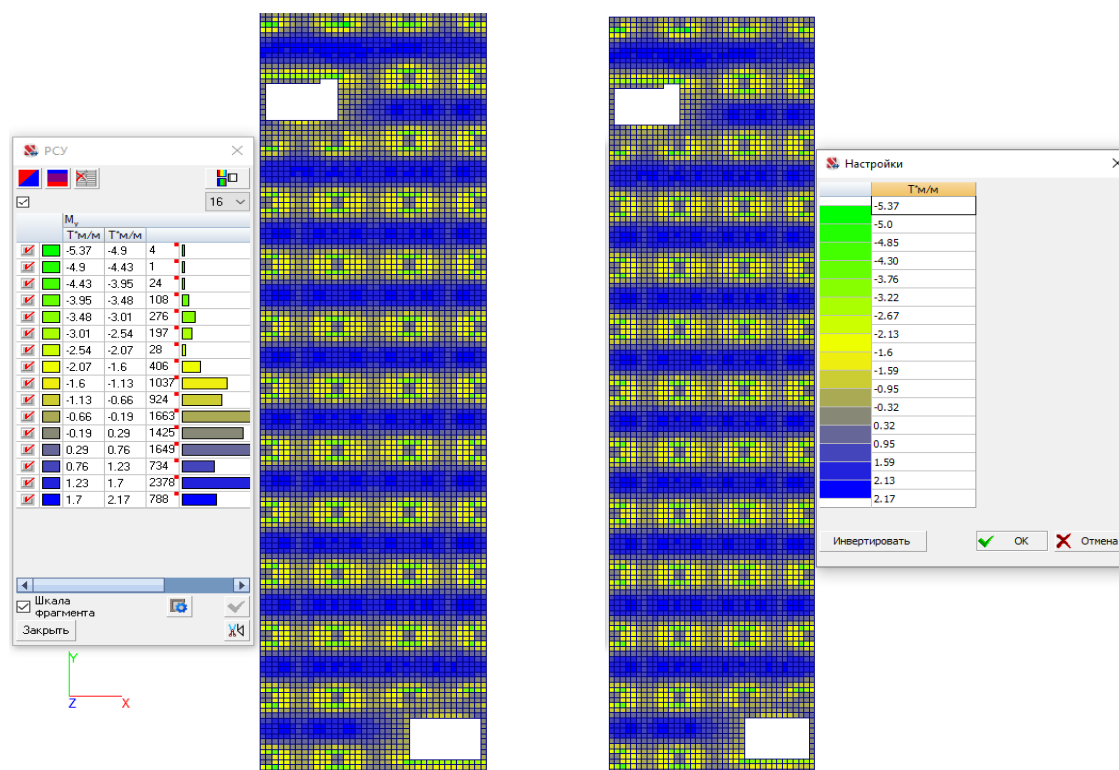
Этап 3. Производится вычисление фактических коэффициентов условных жесткостей КЭ. Для того чтобы правильно учесть данную зависимость, необходимо разбить КЭ плиты перекрытия на группы с одинаковым действующим моментом в их сечении. Примерный ход выполнения данного этапа выглядит следующим образом:

1. Разбиение КЭ с одинаковыми внутренними факторами (изгибающий момент – M_y) на группы (рис. 6а).

2. Вычисление методом интерполяции необходимого коэффициента занижения жесткости для всей выбранной группы (рис. 7).

3. Введение полученного обновленного коэффициента редуцирования в жесткостные характеристики КЭ для определения более реальных усилий и получения приближенной к реальности арматуры ПП.

Для более детального рассмотрения внутренних силовых факторов, а также более тщательного подбора арматуры разобьем плиту перекрытия на 16 различных интервалов. Для удобства полученные интервалы можно заменить целыми, чтобы было легче проводить градуировку моментов (рис. 6б).



а

б

Рис. 6. Расчетные сочетания усилий для правильного разделения КЭ на подгруппы в зависимости от действующего момента (плита перекрытия без капители):
а – до настройки диапазонов; б – после настройки диапазонов

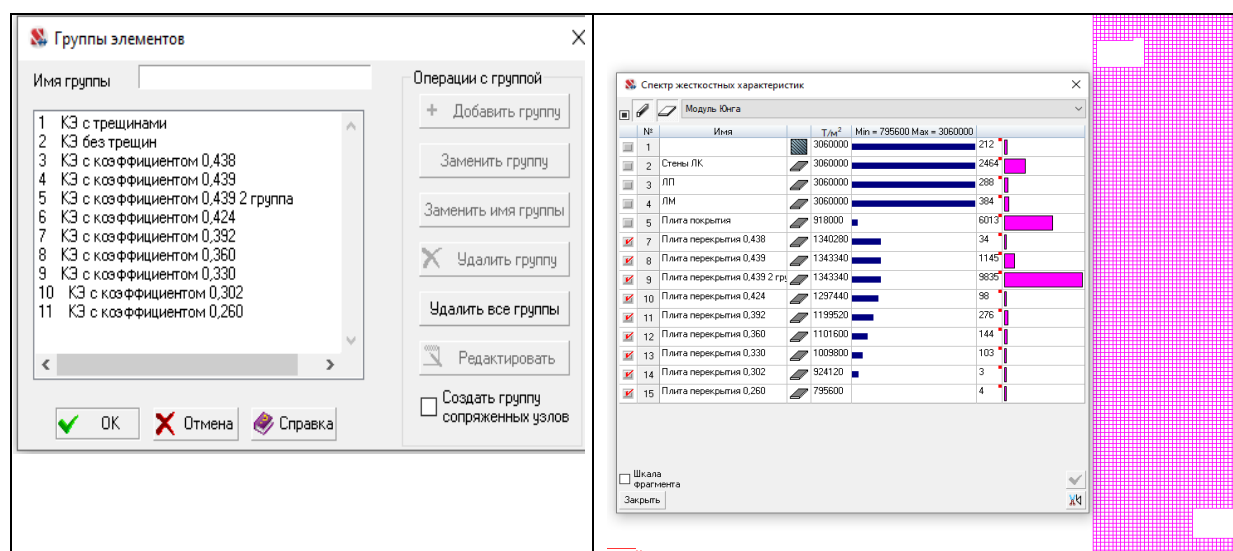


Рис. 7. Изменение жесткости плиты с учетом новых коэффициентов (плита перекрытия без капители)

Необходимо сопоставлять новую градуировку с числами моментов, полученных в программе.

Этап 4. После назначения полученных коэффициентов жесткости соответствующим зонам ЖБК производится линеаризованный расчет с полученными на этапе 3 жесткостями, а также происходит корректировка армирования. За счет перераспределения усилий арматура изменяется в зависимости от типа плиты: для плиты перекрытия без капителей (рис. 8, 9) в пролетной и опорной зонах по меньшей стороне X она уменьшается; в пролетной зоне по большей стороне Y увеличивается, в опорной зоне уменьшается.

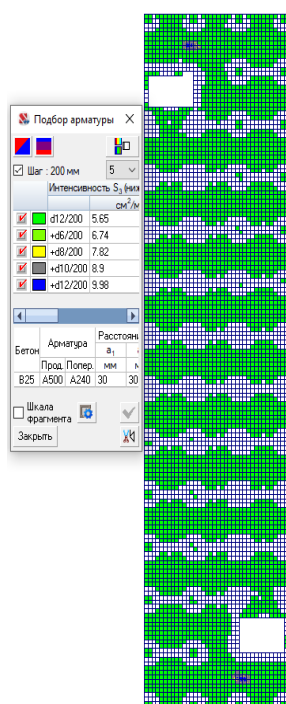


Рис. 8. Вычисление по результатам линейного расчета с обновленными коэффициентами редуцирования (армирование по X верхнее и нижнее).

Плита перекрытия без капители

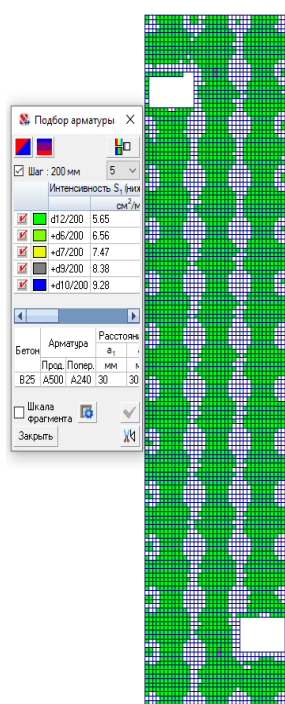
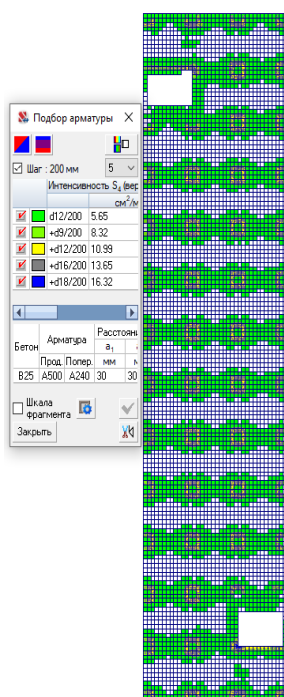


Рис. 9. Вычисление по результатам линейного расчета с обновленными коэффициентами редуцирования (армирование по Y верхнее и нижнее).

Плита перекрытия без капители

При проведении расчета для варианта с капителью использовалась та же последовательность в этапах. В итоге для варианта плиты перекрытия с капителью получены результаты, представленные на рис. 10 и 11.

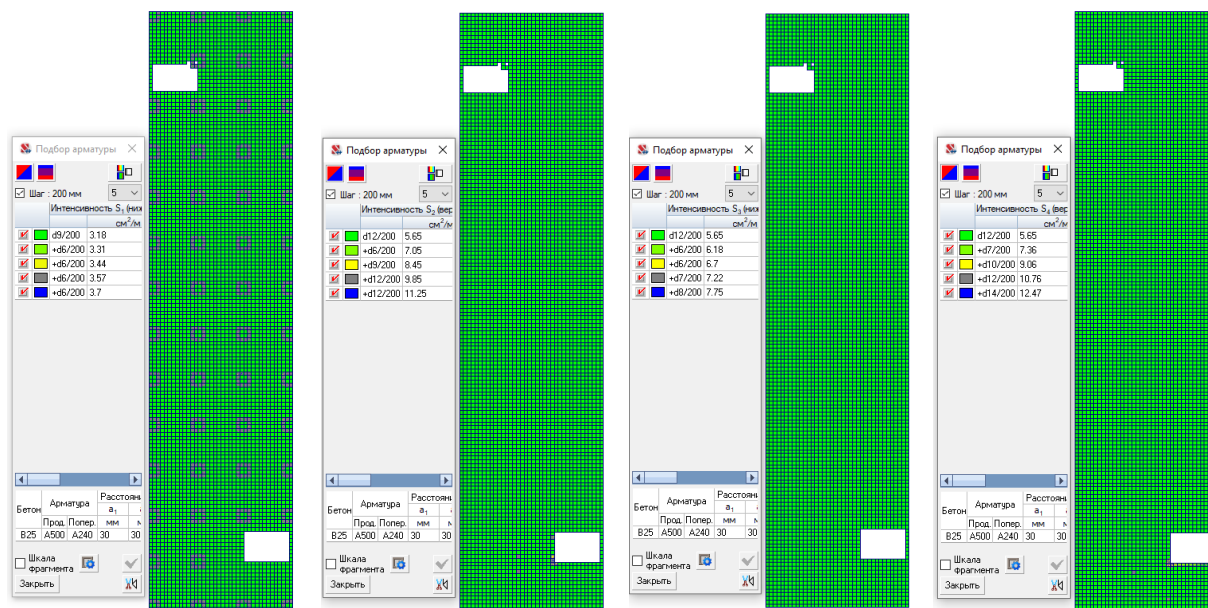


Рис. 10. Вычисление по результатам линейного расчета с коэффициентом 0,2–0,3 (армирование по X, Y верхнее и нижнее). Плита перекрытия с капителью (слева направо)

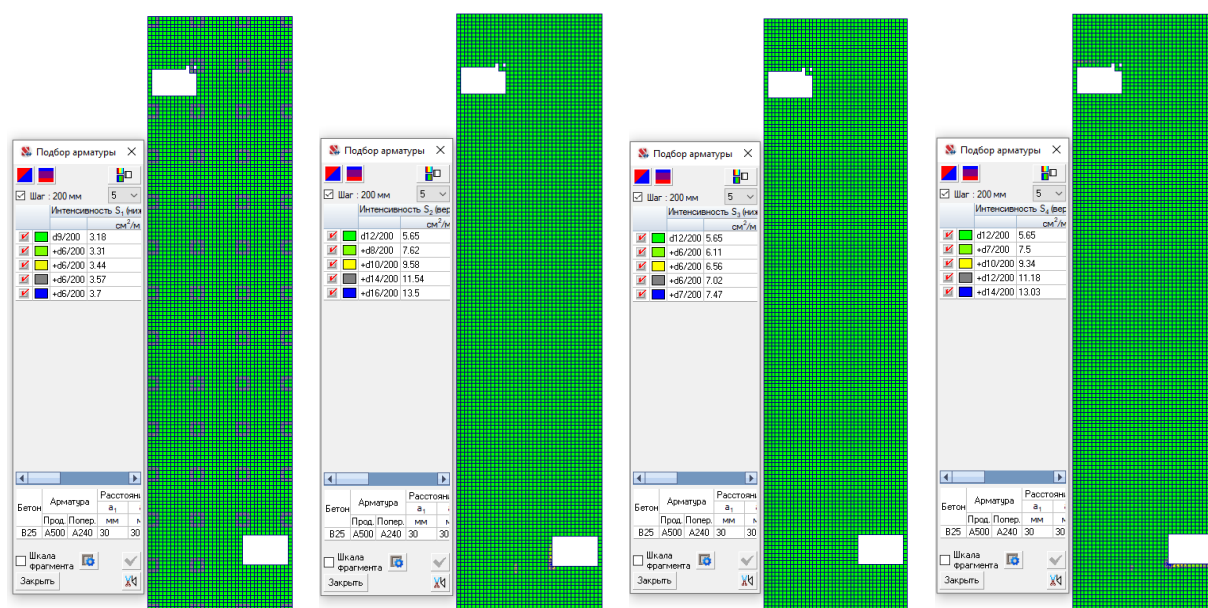


Рис. 11. Вычисление по результатам линейного расчета с обновленными коэффициентами редуцирования (армирование по X, Y верхнее и нижнее). Плита перекрытия с капителью

При замене жесткостей $KЭ$ капителей понижающие коэффициенты учитывались. Отдельно принимали во внимание толщину и армирование данных зон при первичном подборе арматуры.

Для плиты перекрытия с капителью (см. рис. 10, 11):

1) в пролетной зоне по меньшей стороне X арматура остается без изменений, а в опорной увеличивается;

2) в пролетной зоне по большей стороне Y арматура уменьшается, в опорной зоне увеличивается.

Результаты исследования

В процессе выполнения расчетов в программном комплексе SCAD Office (версия 21.1.9.9) для двух типов монолитных железобетонных перекрытий – бескапительного и с капителями – при одинаковой сетке колонн (6×6 м) и идентичных нагрузках были получены следующие результаты:

1. Линейный расчет с едиными понижающими коэффициентами жесткости (0,2–0,3), рекомендованными в п. 6.2.9 СП 430.1325800.2018, не обеспечивает адекватной оценки напряженно-деформированного состояния конструкции:

в опорных зонах, где формируются трещины, а фактическая жесткость ниже расчетной, что ведет к недоармированию и потенциальному превышению предельно допустимого раскрытия трещин;

пролетных зонах, где жесткость завышается, что вызывает необоснованное увеличение армирования и перерасход материалов.

2. Применение итерационного подхода включает:

первоначальный линейный расчет с единым коэффициентом редукации;

нелинейный расчет по заданному армированию;

определение локальных понижающих коэффициентов жесткости на основе диаграмм деформирования по СП 63.13330.2018 и последующую линеаризацию модели;

возможность достижения более достоверного отображения работы конструкции.

3. По результатам уточненного расчета:

1) для бескапительной плиты:

в опорных зонах по направлениям X и Y площадь арматуры уменьшается;

пролетной зоне по направлению Y армирование увеличивается, что свидетельствует о ранее заниженной оценке деформаций;

2) для плиты с капителями:

в опорных зонах армирование увеличивается, что подтверждает повышенную концентрацию напряжений у колонн;

пролете по направлению Y армирование уменьшается, указывая на эффективное включение капителей в совместную работу.

4. Сравнительный анализ показывает, что перекрытия с капителями обеспечивают более рациональное распределение жесткости и напряжений, снижают уровень концентрации трещин в зонах опирания и

позволяют достичь экономии арматурной стали при условии применения расчетов с учетом физической нелинейности.

Заключение

Учет физической нелинейности при расчете железобетонных плит перекрытий промышленных зданий является необходимым условием обеспечения их прочности, трещиностойкости и долговечности. Использование единых понижающих коэффициентов жесткости в линейных расчетах, как это рекомендовано СП 430.1325800.2018 на стадии предварительного проектирования, не может считаться достаточным для конечного проектного решения.

Предложенный в работе итерационный подход, сочетающий линейный и нелинейный расчеты с последующей корректировкой коэффициентов редукции жесткости на основе диаграмм деформирования, согласно СП 63.13330.2018, позволяет:

- повысить достоверность результатов моделирования;
- минимизировать риски недоармирования в зонах образования трещин;
- оптимизировать расход арматурной стали без снижения надежности конструкции.

Применение данного подхода особенно целесообразно при проектировании безбалочных перекрытий с капителями, где локальное утолщение кардинально меняет характер распределения внутренних усилий.

Рекомендуется включать в практику проектирования промышленных зданий многоэтапные расчеты с пространственным моделированием физической нелинейности, что соответствует требованиям Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и обеспечивает выполнение расчетов по обеим группам предельных состояний.

Библиографический список

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. 2019. М.: Стандартинформ, 2019. С. 59–67.
2. Малахова А.Н. Проектирование монолитных плит перекрытий с капителями // Вестник МГСУ. 2011. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-monolitnyh-plit-perekrytiy-s-kapitelyami-1> (дата обращения: 10.05.2025).
3. СП 430.1325800.2018. Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования. 2019. М.: Стандартинформ, 2019. 41 с.
4. Статически неопределимые железобетонные конструкции: диаграммные методы автоматизированного расчета и проектирования: методическое пособие. М., 2017. 197 с.

INFLUENCE OF PHYSICAL NONLINEARITY ON THE ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE FLOOR SLABS IN INDUSTRIAL BUILDINGS: A COMPARISON OF FLAT PLATES AND SLABS WITH DROP PANELS

**T.R. Barkaya, S.L. Subbotin,
A.V. Brovkin, V.Yu. Artemiev**

Abstract. *The aim of this study is to analyze internal forces and displacements in various types of reinforced concrete floor slabs of industrial buildings under static loading, taking physical nonlinearity into account. The paper reviews the main deformation theories applied to composite materials and compares calculation results for two slab types—flat plates and those with drop panels—using reduction (stiffness degradation) coefficients initially recommended in SP 430.1325800.2018 “Monolithic Structural Systems.” Both linear and nonlinear automated analyses were performed using the SCAD Office software suite (version 21.1.9.9), enabling an assessment of how accounting for the nonlinear behavior of reinforced concrete affects stress distribution and displacement magnitudes.*

Keywords: *reinforced concrete slabs, flat slabs (or flat plates), drop panels (or capitals), reduction coefficients (or stiffness reduction factors), SCAD Office.*

Об авторах:

БАРКАЯ Темур Рауфович – кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: btrs@list.ru

СУББОТИН Сергей Львович – доктор технических наук, профессор кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sbtn@yandex.ru

БРОВКИН Андрей Викторович – доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: a.brovkin82@gmail.com

АРТЕМЬЕВ Владимир Юрьевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vladimir.artemyev02@mail.ru

About the authors:

BARKAYA Temur Raufovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structures and Buildings, Tver State Technical University, Tver. E-mail: btrs@list.ru

SUBBOTIN Sergey Lvovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Structures and Buildings, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sbtn@yandex.ru

BROVKIN Andrey Viktorovich – Associate Professor of the Department of Structures and Buildings, Tver State Technical University, Tver. E-mail: a.brovkin82@gmail.com

ARTEMYEV Vladimir Yuryevich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladimir.artemyev02@mail.ru

УДК 691

АРМИРОВАНИЕ И САМОАРМИРОВАНИЕ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

**А.А. Дарбинян, Ю.Ю. Курятников,
В.И. Трофимов, М.А. Смирнов**

© Дарбинян А.А., Курятников Ю.Ю.,
Трофимов В.И., Смирнов М.А., 2026

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме повышения эксплуатационных характеристик гипсовых материалов путем их армирования. Рассмотрены традиционные методы армирования с использованием дисперсных волокон (стеклянных, базальтовых, полипропиленовых) и инновационный подход – самоармирование, основанное на создании ориентированной микроструктуры гипсового кристаллического сростка. Проанализировано влияние вида и количества армирующих элементов на прочность на изгиб, ударную вязкость, трещиностойкость и деформативные свойства композитов. Показаны преимущества и перспективы метода самоармирования для создания высокоэффективных гипсовых материалов.

Ключевые слова: гипсовые материалы, армирование, дисперсное армирование, волокна, самоармирование, микроструктура, прочность, трещиностойкость, гипсовое вяжущее.

Введение

Гипсовые материалы за счет таких преимуществ, как экологичность, быстрое твердение, легкость, огнестойкость и доступность сырья, занимают одно из ключевых мест в современной строительной индустрии. Они находят широкое применение при производстве сухих строительных смесей, пазогребневых плит, перегородок, элементов декора и в 3D-печати. Однако, наряду с достоинствами, гипс обладает и существенными недостатками, главными из которых являются его хрупкость, низкая прочность на изгиб (в 5–10 раз ниже, чем прочность на сжатие) и невысокая ударная вязкость. Эти свойства ограничивают его применение в

конструкциях, подвергающихся значительным механическим и динамическим нагрузкам.

Актуальность работы обусловлена необходимостью расширения областей эффективного применения гипсовых материалов за счет преодоления свойственных им недостатков. Цель статьи заключается в систематическом анализе и обобщении данных о двух основных подходах к решению данной проблемы: армировании и самоармировании.

Задачи статьи:

1. Классифицировать и охарактеризовать виды армирующих волокон для гипсовых матриц.
2. Проанализировать механизм упрочнения при дисперсном армировании.
3. Раскрыть сущность и методы реализации самоармирования гипса.
4. Провести сравнительный анализ эффективности, преимуществ и недостатков обоих методов.
5. Определить перспективные направления развития композиционных гипсовых материалов.

В целом высокопрочные реакционно-порошковые (мелкозернистые) бетоны являются важным достижением современной строительной науки и техники. Они открывают новые возможности для реализации сложных инженерных задач и позволяют создавать более долговечные, надежные и экономичные конструкции. Их развитие и внедрение продолжается благодаря постоянным научным исследованиям и технологическим инновациям, что создает еще большие перспективы для применения данных уникальных материалов.

Армирование гипсовых материалов

Сущность дисперсного армирования и механизм упрочнения

Дисперсное армирование представляет собой введение в гипсовое тесто или порошок коротких, тонких, беспорядочно ориентированных волокон. Механизм упрочнения заключается в том, что волокна, имеющие более высокую прочность и деформативность по сравнению с гипсовой матрицей, играют роль барьеров для распространения трещин. При нагружении матрица передает напряжения на волокна, которые, деформируясь, поглощают энергию и предотвращают хрупкое разрушение. Это приводит к значительному повышению прочности на изгиб, ударной вязкости и сопротивления усталости.

Классификация и свойства армирующих волокон

1. Синтетические волокна:

1) полипропиленовые (ПП) – наиболее распространенный и экономичный тип. Обладают высокой химической стойкостью, малым весом. Повышают ударную вязкость и трещиностойкость, но их модуль упругости близок к модулю упругости гипса, поэтому рост прочности на

изгиб не столь значителен. Оптимальная дозировка: 0,5–1,5 % от массы гипса;

2) поливинилспиртовые (ПВС) – обладают лучшей адгезией к гипсовой матрице и более высоким модулем упругости, чем волокна ПП. Эффективно повышают прочность на растяжение и изгиб;

3) арамидные – представляют собой высокопрочные и высоко-модульные волокна. Обеспечивают максимальное увеличение механических характеристик, но их применение ограничено высокой стоимостью [1].

2. Минеральные волокна:

1) стеклянные – обладают высокой прочностью и модулем упругости. Ключевая проблема – щелочная стойкость в среде гипса. Для применения требуются волокна со специальным щелочестойким покрытием (так называемое AR-стекло). Эффективно повышают все виды прочности;

2) базальтовые – по свойствам близки к стеклянным, но обладают более высокой химической и температурной стойкостью. Являются перспективной альтернативой стекловолокну.

3) асбестовые – ранее использовались, но сейчас запрещены во многих странах из-за канцерогенной опасности.

3. Органические и прочие волокна:

1) целлюлозные – экологичны, возобновляемы, улучшают пластичность смеси. Однако их гигроскопичность может негативно сказываться на долговечности материала во влажных условиях;

2) углеродные – обладают исключительно высокими прочностными характеристиками, но их применение в массовом строительстве нерентабельно. Используются в специальных целях.

Влияние параметров армирования на свойства композита

Эффективность дисперсного армирования гипсовой матрицы определяется не только типом волокон, но и комплексом технологических и геометрических параметров. Оптимизация этих параметров является ключевой задачей для достижения максимального синергетического эффекта между хрупкой гипсовой основой и упрочняющей фазой. К наиболее значимым факторам относятся длина и диаметр волокна, его объемная или массовая дозировка, ориентация в матрице и характер адгезии на границе раздела фаз [2].

Длина и диаметр волокна непосредственно влияют на механизм передачи напряжений от матрицы к арматуре. Данная зависимость описывается концепцией критической длины волокна ($L_{кр}$) – минимальной длины, необходимой для того, чтобы напряжение в волокне достигло его прочности при растяжении до того, как оно будет выдернуто из матрицы за счет сдвиговых напряжений. Слишком короткие волокна ($L < L_{кр}$) не реализуют свой прочностной потенциал и легко выдергиваются, что

приводит к незначительному упрочнению. Слишком длинные волокна ($L \gg L_{кр}$) склонны к комкованию (войлокообразованию) при перемешивании, из-за чего нарушается однородность смеси и ухудшаются формовочные свойства гипсового теста. На практике для большинства типов волокон была установлена эмпирически оптимальная длина в диапазоне от 6 до 20 мм. Соотношение длины к диаметру является критическим параметром: высокое соотношение сторон обеспечивает лучшее сцепление, но усложняет диспергирование.

Дозировка волокна является одним из наиболее важных технологических параметров. Ее влияние на прочностные характеристики композита носит немонокотный характер. При введении малых количеств волокон (обычно до 0,5–1,0 % по объему) наблюдается незначительное улучшение свойств, так как расстояние между отдельными волокнами велико, поэтому они не могут эффективно препятствовать распространению трещин. С ростом дозировки до оптимального уровня (1,0–3,0 % по объему) плотность армирующей сети увеличивается, что приводит к значительному росту прочности на изгиб и (особенно) ударной вязкости. Волокна перераспределяют напряжения, блокируя развитие микротрещин. Однако превышение критической концентрации (обычно выше 3–4 %) ведет к резкому ухудшению свойств: волокна затрудняют уплотнение смеси, способствуют вовлечению воздуха и образованию пор и ухудшают сцепление между собой и с матрицей. В результате прочность на сжатие может даже снизиться по сравнению с неармированным гипсом.

Ориентация волокон в значительной степени предопределяет анизотропию свойств готового материала. В условиях традиционного литья или нанесения гипса штукатурным методом ориентация волокон, как правило, является случайной в плоскости изделия, что обеспечивает квазиизотропное упрочнение. Это является преимуществом для элементов, работающих в условиях многокомпонентного напряженного состояния. Однако при некоторых методах формования (например, экструзии или набрызге) может происходить преимущественная ориентация волокон в направлении течения материала. В этом случае прочность и трещиностойкость в направлении ориентации будут максимальными, а в перпендикулярном направлении – значительно ниже. Управление ориентацией является мощным инструментом для создания материалов с заданными анизотропными свойствами [3].

Адгезия на границе раздела «волокно – матрица» – это фундаментальный фактор, определяющий эффективность всего армирования. Даже самые прочные волокна не будут работать, если связь с гипсовой матрицей слабая. Прочность сцепления зависит от шероховатости поверхности волокна, его химической природы и наличия модифицирующих добавок. Для улучшения адгезии часто применяются пропиточные составы и грунтовки, наносимые на волокна еще на стадии

их производства. Например, щелочестойкие покрытия на стекловолокнах не только защищают их от коррозии, но и улучшают сцепление с гипсом. Важно отметить, что в некоторых случаях оптимальной является не максимально возможная адгезия, а некоторая ее степень, позволяющая волокнам при критической нагрузке не обрываться, а «выдергиваться» из матрицы, поглощая дополнительную энергию за счет работы трения. Этот механизм вносит значительный вклад в повышение ударной вязкости материала.

Таким образом, подбор параметров армирования представляет собой многофакторную оптимизационную задачу. Целевые свойства материала (максимальная прочность на изгиб, предельная ударная вязкость, минимальная усадка) достигаются путем тонкого баланса между длиной, диаметром, дозировкой и ориентацией волокон, а также надежным сцеплением последних с гипсовой матрицей.

Концепция и физико-химические основы самоармирования.

Методы управления микроструктурой гипса

Традиционное дисперсное армирование при всей своей эффективности имеет фундаментальное ограничение – оно создает композитную систему с резкой границей раздела между гипсовой матрицей и инородным волокном. Эта граница становится потенциальным источником слабости из-за возможного нарушения адгезии, коррозии волокна или сложности обеспечения идеального диспергирования. Концепция самоармирования предлагает принципиально иной подход, основанный не на введении чужеродных элементов, а на целенаправленном преобразовании собственной микроструктуры гипсового камня для придания ей армирующих свойств [4].

Физико-химическая сущность самоармирования заключается в управлении процессами гидратации и кристаллизации полугидрата сульфата кальция ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) с целью формирования не хаотичной мелкокристаллической структуры, а упорядоченной системы сростков кристаллов дигидрата ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). В обычных условиях затвердевания образуется плотная сеть мелких, изометричных кристаллов, которые обеспечивают относительно высокую прочность на сжатие, но демонстрируют хрупкое разрушение при растягивающих нагрузках. Идея самоармирования состоит в создании условий, при которых кристаллы дигидрата приобретают выраженную игольчатую или призматическую форму, значительно вытянутую в одном направлении, и переплетаются между собой, образуя своеобразный войлок или пространственный каркас.

Такой ориентированный кристаллический сросток работает по принципу внутренней арматурной сетки. При приложении нагрузки длинные кристаллы, ориентированные перпендикулярно направлению растягивающего напряжения, способны воспринимать эти напряжения

аналогично тому, как это делают волокна в композите. Однако, в отличие от композита, здесь отсутствует проблема границы раздела фаз, поскольку вся структура является монолитной и химически однородной. Энергия разрушения тратится не на преодоление адгезии между волокном и матрицей, а на преодоление прочности естественных кристаллических связей и на «выдергивание» одних кристаллов из сростков других, что является более энергоемким процессом, чем хрупкое разрушение мелкокристаллической структуры [5].

Ключевыми параметрами, определяющими эффективность самоармирования, являются:

1. Линейные размеры кристаллов: чем больше отношение длины кристалла к его поперечному сечению, тем эффективнее он работает как арматурный элемент.

2. Степень переплетения кристаллов: плотная пространственная сеть обеспечивает лучшую передачу нагрузок.

3. Прочность контактов между кристаллами: определяется чистотой сырья и наличием модифицирующих добавок.

Управление процессом кристаллизации для реализации самоармирования требует комплексного воздействия на систему, включающего регулирование реологических параметров, введение химических модификаторов и контроль внешних условий. Эти методы позволяют направленно влиять на кинетику гидратации, морфологию растущих кристаллов и плотность упаковки конечной структуры.

Водотвердое отношение (V/T) является первичным фактором, определяющим пористость и, следовательно, потенциальное пространство для роста кристаллов. Классическая зависимость «снижение $V/T \rightarrow$ повышение прочности» справедлива, но для самоармирования она носит более сложный характер. С одной стороны, низкое V/T (0,4–0,5) приводит к формированию плотной мелкокристаллической структуры с высокой прочностью на сжатие, но не способствует росту крупных армирующих кристаллов. С другой стороны, высокое V/T (0,7–0,8) создает условия для свободного роста длинных кристаллов, но приводит к образованию высокопористой, рыхлой и непрочной структуры.

Разрешением этого противоречия является использование суперпластификаторов (например, на основе поликарбоксилатов). Эти добавки позволяют добиться высокой текучести гипсового теста при низком V/T (0,5–0,6). В результате формируется плотная макроструктура с низкой пористостью, которая служит прочным несущим каркасом, а в условиях ограниченного, но достаточного водного пространства при целенаправленном модифицировании могут формироваться крупные игольчатые кристаллы, выполняющие функцию самоармирования [6].

Применение модифицирующих добавок

Применение добавок представляет собой наиболее эффективный и управляемый метод самоармирования и включает:

1. Затравки кристаллообразования. Введенные в гипсовое тесто и предварительно синтезированные мелкие игольчатые кристаллы дигидрата сульфата кальция служат центрами (затравками) для последующей кристаллизации. Новые кристаллы стремятся достраиваться на затравках, наследуя их ориентацию и морфологию, что позволяет направленно формировать требуемую микроструктуру по принципу эпитаксиального роста.

2. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) и ретардеры (замедлители схватывания). Эти добавки избирательно адсорбируются на определенных кристаллографических гранях растущих кристаллов дигидрата. Занимая активные центры роста, они тормозят удлинение кристалла в одном направлении и стимулируют его в другом. Например, такие добавки, как лимонная кислота, винная кислота, сукцинаты, сильно замедляют кинетику гидратации, что позволяет кристаллам в течение более длительного времени расти в благоприятных направлениях, формируя крупные и прочные сrostки. Правильный подбор типа и дозировки замедлителя позволяет «выращивать» кристаллы с высоким коэффициентом удлинения.

3. Полимерные дисперсии (редиспергируемые порошки). Этот метод часто относят к модификации полимером, но он вносит значительный вклад в самоармирование. Частицы полимера, диспергированные в гипсовой матрице, образуют эластичные пленки, которые обволакивают кристаллы дигидрата, связывая их в единый упруго-пластичный каркас. Это не только повышает прочность на изгиб и ударную вязкость, но и может влиять на морфологию кристаллов, препятствуя образованию изометричных форм [7].

Внешние воздействия

1. Термообработка: контроль температуры на стадии схватывания и твердения позволяет управлять скоростью растворения полугидрата и кристаллизации дигидрата. Повышение температуры в определенном диапазоне (например, 40–60 °C) может ускорить процессы диффузии и способствовать росту более крупных и совершенных кристаллов. Однако чрезмерный нагрев может привести к дегидратации и нарушению структуры.

2. Вакуумирование и механические воздействия: обработка гипсового теста вакуумом позволяет удалить вовлеченный воздух, который образует поры, нарушающие целостность структуры. Виброуплотнение не только удаляет воздух, но и может способствовать начальной ориентации зарождающихся кристаллов в направлении, перпендикулярном действию

силы вибрации, создавая тем самым слоистую самоармированную структуру с выраженной анизотропией свойств [8].

Таким образом, метод самоармирования представляет собой современный подход, основанный на глубоком понимании физико-химических процессов твердения гипса. Комбинируя регулирование В/Т, введение химических модификаторов и контроль внешних условий, можно целенаправленно синтезировать гипсовый камень с заданной армированной микроструктурой, обладающий повышенными эксплуатационными характеристиками, без использования традиционной арматуры [9]. Влияние способа армирования на физико-механические характеристики гипсовых материалов представлено в таблице.

Сравнительная эффективность методов [10]

Параметр	Армирование волокнами	Самоармирование
Прочность на изгиб	Значительное увеличение	Умеренное до значительного увеличения
Ударная вязкость	Очень высокое увеличение	Умеренное увеличение
Прочность на сжатие	Незначительное изменение/снижение	Увеличение за счет снижения пористости
Однородность структуры	Риск комкования волокон	Высокая однородность
Технологичность	Может усложнять перемешивание и формование	Требует точного дозирования добавок
Влияние на усадку	Может снижать усадку при растрескивании	Снижает общую усадку
Стоимость	Зависит от типа волокна (от низкой до высокой)	Зависит от типа добавок (часто умеренная)

Преимущества и недостатки

1. Армирование: главное преимущество – кардинальное повышение вязкости разрушения; главный недостаток – риск коррозии (для стекло-волокна) и снижение поверхностного качества изделий.

2. Самоармирование: главное преимущество – создание монолитной, однородной микроструктуры с улучшенными механическими свойствами без инородных включений; главный недостаток – сложность точного контроля процесса кристаллизации в производственных условиях [11].

Перспективные направления и гибридные подходы

Современные тенденции развития гипсовых материалов свидетельствуют о переходе от простого модифицирования к созданию интеллектуальных композиционных систем с программируемыми свойствами. Наиболее продуктивным направлением представляется разработка гибридных подходов, сочетающих преимущества различных методов модификации.

1. Гибридная система «самоармирование + дисперсные фибры».

Данное направление признано наиболее перспективным для создания высокоэффективных материалов. Его фундаментальная идея заключается в комбинации двух уровней армирования [12]:

1) на нано- и микроуровне формируется самоармированная структура за счет направленной кристаллизации гипса. Это создает плотную и прочную основу с улучшенными прочностными характеристиками;

2) на макроуровне вводятся дисперсные волокна (полипропиленовые, базальтовые или стеклянные) в количестве 0,1–0,5 % от массы гипса, что существенно ниже традиционных дозировок.

Ключевой синергетический эффект проявляется в механизме трещинообразования. При нагрузке сначала работает самоармированная матрица, эффективно перераспределяющая напряжения. При достижении критической нагрузки, когда в матрице образуются трещины, в работу вступают волокна, которые берут на себя растягивающие напряжения, блокируя развитие макротрещин. Такой каскадный механизм работы позволяет достичь рекордных значений ударной вязкости при сохранении высокой прочности на сжатие и изгиб [13].

2. Функциональные гибридные композиты.

Перспективным направлением является создание материалов с многофункциональными свойствами:

1) теплоизоляционные гибриды получают путем введения легких заполнителей (вспученного перлита, вермикулита) в сочетании с фиброй. При этом волокна компенсируют снижение прочности, вызванное пористыми заполнителями;

2) огнестойкие композиты создают на основе базальтовых волокон и специальных минеральных добавок, повышающих температуру дегидратации гипса;

3) гигроскопичные материалы разрабатываются путем введения гидрофобных добавок в матрицу и использования синтетических волокон, устойчивых к влаге [14].

3. Технологии направленного проектирования микроструктуры.

Современные методы позволяют перейти от пассивного наблюдения за кристаллизацией к активному управлению ею, а именно:

1) использование затравок кристаллообразования с заданной морфологией позволяет получать кристаллы дигидрата с программируемыми параметрами;

2) электромагнитная обработка гипсового теста способствует ориентации зарождающихся кристаллов в направлении силовых линий поля;

3) контролируемое виброуплотнение создает условия для формирования слоистой структуры с анизотропными свойствами.

4. Аддитивные технологии в производстве гипсовых изделий.

Новые возможности для гибридного армирования открывает 3D-печать гипсом:

1) возможность послойного изменения состава позволяет создавать изделия с зональным распределением свойств;

2) ориентация волокон в направлении печати достигается за счет контроля реологии смеси;

3) комбинирование самоармирования и фиброармирования в одной конструкции позволяет оптимизировать материалоемкость [15].

5. Интеллектуальные модифицирующие системы.

Разрабатываются комплексные добавки, выполняющие несколько функций:

1) полифункциональные модификаторы одновременно регулируют кинетику кристаллизации и улучшают адгезию между матрицей и волокнами;

2) «умные» пластификаторы способны изменять свои свойства в процессе твердения, обеспечивая оптимальные условия для формирования структуры на разных стадиях.

6. Ресурсосберегающие технологии.

Перспективным направлением является использование вторичных продуктов:

1) волокон из переработанных материалов;

2) техногенного гипса в сочетании с оптимизированными системами модификации;

3) составов с пониженным В/Т.

Наиболее успешные практические реализации гибридных подходов демонстрируют повышение прочности на изгиб на 50–100 % и увеличение ударной вязкости в 2–3 раза по сравнению с традиционными армированными гипсовыми материалами. При этом сохраняется однородность структуры и улучшаются технологические свойства смесей [16].

Дальнейшее развитие гибридных технологий связано с созданием математических моделей, позволяющих прогнозировать свойства композита на основе параметров его структуры, а также с разработкой новых типов модификаторов, обеспечивающих многоуровневое управление процессами структурообразования [17–18].

Заключение

Проведенное исследование позволило всесторонне проанализировать современные подходы к модификации гипсовых материалов и выявить перспективные направления для создания композитов с повышенными эксплуатационными характеристиками. Полученные результаты свидетельствуют о том, что как традиционное дисперсное армирование, так и инновационное самоармирование представляют собой научно обоснованные и технологически реализуемые методы преодоления природной хрупкости гипса.

Наиболее значимым выводом является демонстрация преимуществ гибридного подхода, сочетающего методы самоармирования и дисперсного фиброармирования. Установлено, что создание многоуровневой структуры, где на микроуровне формируется ориентированный кристаллический каркас, а на макроуровне распределяются полимерные или минеральные волокна, позволяет достичь синергетического эффекта. Такой подход обеспечивает не просто аддитивное улучшение отдельных показателей, но и качественное изменение характера работы материала под нагрузкой – от хрупкого разрушения к пластичному деформированию с многократным поглощением энергии.

Перспективы практического применения рассмотренных технологий связаны с несколькими ключевыми направлениями:

- разработкой экономичных рецептур для массового строительства с использованием местного сырья;

- созданием специализированных составов для аддитивного производства в архитектуре и дизайне;

- адаптацией гибридных технологий для реставрационных и ремонтных составов.

Внедрение результатов работы в производственную практику позволит существенно расширить области эффективного применения гипсовых материалов – от ответственных строительных конструкций до элементов инженерных систем, работающих в условиях динамических нагрузок. Дальнейшие исследования целесообразно проводить в области оптимизации параметров структурообразования и разработки цифровых моделей, прогнозирующих свойства гибридных композитов на различных стадиях их жизненного цикла.

Библиографический список

1. Иванов А.С., Петрова Е.В. Влияние полипропиленовых фибр на ударную вязкость гипсовых композитов // Строительные материалы. 2023. № 5. С. 45–49.

2. Сидоров К.Д., Михайлов А.А. Современные подходы к модификации структуры гипсового камня // Вестник гражданских инженеров. 2022. № 4 (87). С. 112–119.

3. Kumar S., Zhang H. Advanced Modification of Gypsum Composites Using Hybrid Reinforcement // Construction and Building Materials. 2023. Vol. 367. P. 130245.

4. Васильев П.А., Козлова М.И. Исследование микроструктуры самоармированного гипса с применением электронной микроскопии // Строительство и архитектура. 2021. № 2 (45). С. 78–84.

5. Chen L., Wang X. Effect of Crystal Modifiers on the Mechanical Properties of Gypsum Composites // Materials Today Communications. 2022. Vol. 31. P. 103456.

6. Морозов В.П. Гибридные системы армирования в производстве гипсовых изделий // Строительные материалы и технологии. 2020. № 3. С. 34–40.

7. Garcia R., Schmidt T. Novel Approach to Fiber Reinforcement of Gypsum-based Materials // Journal of Building Engineering. 2021. Vol. 43. P. 102567.

8. Николаева Т.И. Перспективные направления модификации гипсовых вяжущих // Современное строительство. 2019. № 6. С. 23–28.

9. Li Y., Watanabe K. Development of Self-reinforced Gypsum Materials with Improved Fracture Toughness // Cement and Concrete Composites. 2020. Vol. 114. P. 103765.

10. Алексеев Г.М., Орлова Д.С. Технологические аспекты производства армированных гипсовых материалов // Строительная индустрия. 2018. № 4. С. 56–61.

11. Thompson M., Rodriguez P. Optimization of Fiber Distribution in Gypsum Composites using Computational Modeling // Materials & Design. 2022. Vol. 223. P. 111–128.

12. Лебедев С.А., Федорова М.К. Влияние комплексных модификаторов на реологические и прочностные свойства гипсовых композитов // Строительные материалы. 2023. № 7. С. 28–33.

13. Громов А.Д., Савельева Т.П. Совершенствование структуры гипсового камня методом направленной кристаллизации // Вестник МГСУ. 2022. № 4. С. 89–97.

14. Орлов В.М., Кравцова Е.С. Исследование адгезионных характеристик полимерных волокон в гипсовой матрице // Строительство и архитектура. 2021. № 3. С. 45–52.

15. Тихонова Л.Н., Медведев П.С. Оптимизация параметров дисперсного армирования гипсовых систем // Строительные материалы и технологии. 2020. № 5. С. 67–73.

16. Беляев Н.К., Зимина А.А. Разработка композиционных гипсовых материалов с использованием местного сырья // Региональная архитектура и строительство. 2019. № 2. С. 34–41.

17. Данилов Р.В., Егорова М.П. Современные аспекты технологии самоармирующихся гипсовых вяжущих // Строительная индустрия. 2022. № 6. С. 78–84.

18. Сорокин И.Г., Морозова Д.Л. Перспективы применения гибридных систем модификации в производстве гипсовых изделий // Строительство и реконструкция. 2021. № 4. С. 56–63.

REINFORCEMENT AND SELF-REINFORCEMENT OF GYPSUM MATERIALS

**A.A. Darbinyan, Yu.Yu. Kuryatnikov,
V.I. Trofimov, M.A. Smirnov**

Abstract. *This article addresses the relevant problem of enhancing the performance characteristics of gypsum materials through reinforcement. It considers traditional reinforcement methods using dispersed fibers (glass, basalt, polypropylene) and an innovative approach – self-reinforcement, based on creating an oriented microstructure of the gypsum crystalline aggregate. The influence of the type and quantity of reinforcing elements on flexural strength, impact toughness, crack resistance, and deformation properties of the composites is analyzed. The advantages and prospects of the self-reinforcement method for creating high-performance gypsum materials are demonstrated.*

Keywords: *gypsum materials, reinforcement, fiber reinforcement, fibers, self-reinforcement, microstructure, strength, crack resistance, gypsum binder.*

Об авторах:

ДАРБИНЯН Артем Артурович – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: psktstu@yandex.ru

КУРЯТНИКОВ Юрий Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

ТРОФИМОВ Валерий Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vitrofa@mail.ru

СМИРНОВ Матвей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: matiu.sm@yandex.ru

About the authors:

DARBINYAN Artem Arturovich – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: psktstu@yandex.ru

KURYATNIKOV Yury Yuryevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

TROFIMOV Valery Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vitrofa@mail.ru

SMIRNOV Matvey Alexandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: matiu.sm@yandex.ru

УДК 378.147

ВНЕЦЕНТРЕННОЕ РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ

Д.Р. Джемилева, А.С. Двужиллов, А.Д. Киселев

© Джемилева Д.Р., Двужиллов А.С.,
Киселев А.Д., 2026

Аннотация. В статье рассмотрен вид сложного сопротивления – внецентренное растяжение (сжатие), возникающее тогда, когда равнодействующая внешних сил приложена параллельно оси стержня, но не совпадает с ней. На основе метода приведения силы к центру тяжести выведены формулы для определения нормальных напряжений в произвольной точке поперечного сечения. Особое внимание уделено анализу нейтральной линии и построению ядра сечения – области, гарантирующей отсутствие напряжений переменного знака. В работу включены условия прочности для упругой стадии работы материала, а кроме того, проанализировано практическое значение теории для расчета колонн, фундаментов и других элементов строительных конструкций, работающих на внецентренное сжатие.

Ключевые слова: внецентренное растяжение, внецентренное сжатие, эксцентриситет, нормальные напряжения, нейтральная линия, ядро сечения, сложное сопротивление, приведение силы, условие прочности, строительные конструкции.

Внецентренное растяжение (сжатие) – это вид сложного сопротивления, при котором равнодействующая внешних сил, действующих на стержень, параллельна его оси, но не проходит через центр тяжести

поперечного сечения [1]. Таким образом, сила приложена с эксцентриситетом относительно главных центральных осей инерции сечения.

Внецентренным растяжением и сжатием (ВЦРС) называется деформация стержня, при которой в поперечном сечении стержня возникает три компоненты внутренних сил: N , M_x , M_y .

Внецентренно приложенная сила может быть статически эквивалентна комбинации двух простых видов нагружения [2]:

1. Центрального растяжения/сжатия силой N , равной внешней силе и приложенной в центре тяжести.

2. Чистого изгиба в одной или двух плоскостях моментами $M_x = Ndy$ и $M_y = Ndx$, где dx и dy – расстояния от точки приложения силы до главных осей (эксцентриситеты).

В сечениях стержня возникает неравномерное распределение нормальных напряжений, которое является результатом наложения напряжений от центральной силы и изгибающих моментов. Это приводит к появлению зон с максимальными растягивающими и сжимающими напряжениями, что критически важно для расчета прочности, особенно для хрупких материалов (бетона, кирпичной кладки), плохо сопротивляющихся растяжению [3].

Примеры расчета напряжений в колоннах, стойках, фундаментах, элементах рам, на которые действуют нагрузки, не совпадающие с осью элемента [4] (например, колонны с консолью, опоры крана, стены с внецентренной нагрузкой от перекрытия), представлены ниже.

Расчет нормальных напряжений

Пусть сила P приложена в точке A с координатами (x_p, y_p) в системе главных центральных осей x и y . Приведем ее к центру тяжести сечения O . Получаем [1]:

1. Продольная сила: $N = P$ (знак «+» для растяжения, «-» – для сжатия).

2. Изгибающие моменты:

$$M_x = Py_p \text{ и } M_y = Px_p; \quad (1)$$

$$M_x = Ny_p \text{ и } M_y = Nx_p. \quad (2)$$

Таким образом, внецентренное растяжение и сжатие представляет собой сочетание центрального растяжения или сжатия и двух чистых прямых изгибов в двух взаимно перпендикулярных главных плоскостях (рис. 1, 2).

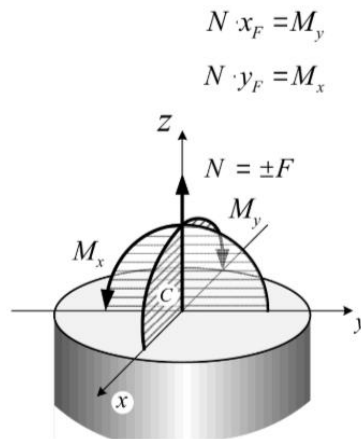


Рис. 1. Внецентренное растяжение и сжатие

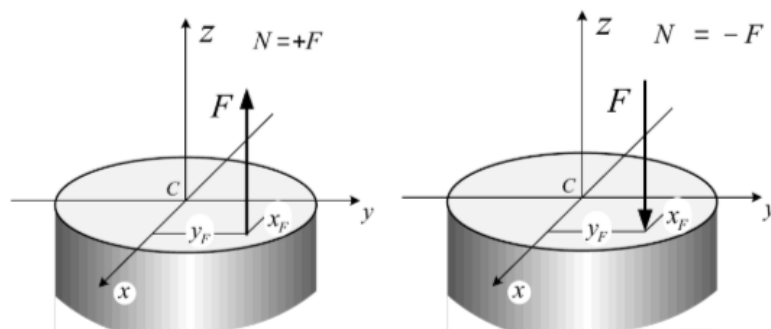


Рис. 2. Внецентренное растяжение и внецентренное сжатие

Формула для нормальных напряжений в произвольной точке сечения

Напряжения от каждого силового фактора определяются по формулам простых сопротивлений и суммируются благодаря принципу независимости действия сил (при условии упругости и малых деформаций).

Общая формула для нормального напряжения σ_z в точке с координатами (x, y) [2] выглядит следующим образом:

$$\sigma_z(x, y) = \left(\frac{N}{A}\right) + \left(\frac{M_x}{I_x}\right)y + \left(\frac{M_y}{I_y}\right)x, \quad (3)$$

где A – площадь поперечного сечения; I_x, I_y – главные центральные моменты инерции сечения относительно осей x и y .

Правило знаков для координат: координаты x и y точки подставляются в формулу со своими знаками.

Уравнение нейтральной (нулевой) линии

Нейтральная (нулевая) линия (НЛ) – это геометрическое место точек в сечении, где нормальные напряжения равны нулю ($\sigma_z = 0$).

Уравнение НЛ получаем за счет приравнивания общей формулы к нулю [1]:

$$\left(\frac{N}{A}\right) + \left(\frac{Mx}{I_x}\right)y + \left(\frac{My}{I_y}\right)x = 0. \quad (4)$$

Это уравнение прямой, не проходящей через центр тяжести. Нейтральная линия отсекает на осях координат отрезки (рис. 3):

$$ax = -\frac{\frac{N}{A}}{\frac{Mx}{I_y}} = -\frac{I_y N}{MyA}; \quad (5)$$

$$ay = -\frac{\frac{N}{A}}{\frac{My}{I_x}} = -\frac{I_x N}{MxA}. \quad (6)$$

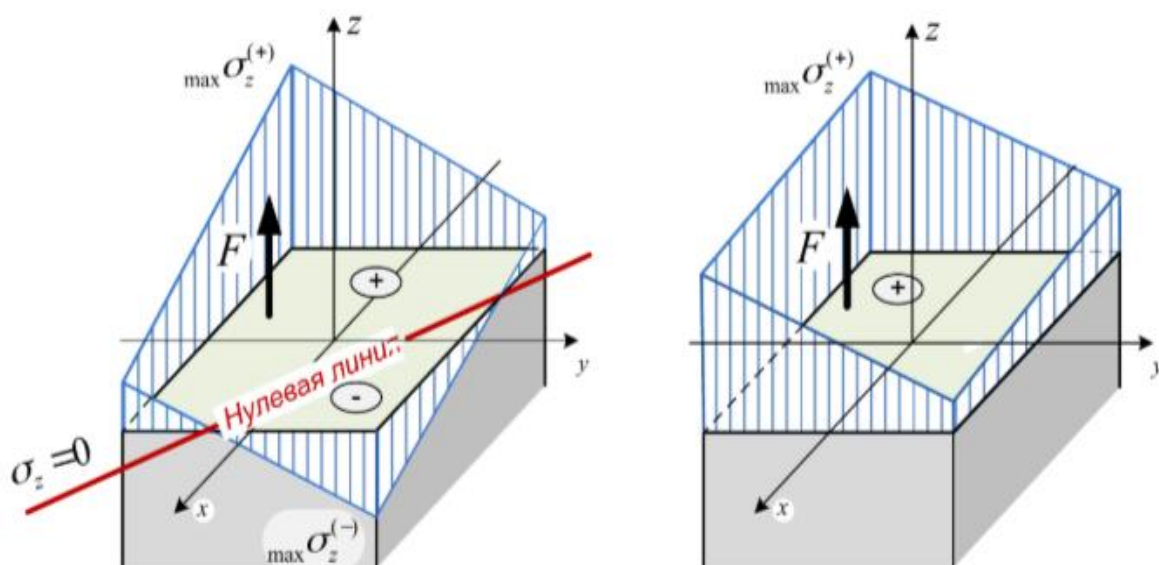


Рис. 3. Нейтральная линия

Свойства нейтральной линии

1. Нейтральная линия делит сечение на зоны растяжения и сжатия (рис. 4).
2. Точка приложения силы (x_p, y_p) и центр тяжести $(0, 0)$ лежат по разные стороны от НЛ [5].
3. По мере приближения точки приложения силы к центру тяжести (уменьшения эксцентриситета) НЛ удаляется от центра тяжести. При центральном приложении силы НЛ уходит в бесконечность.

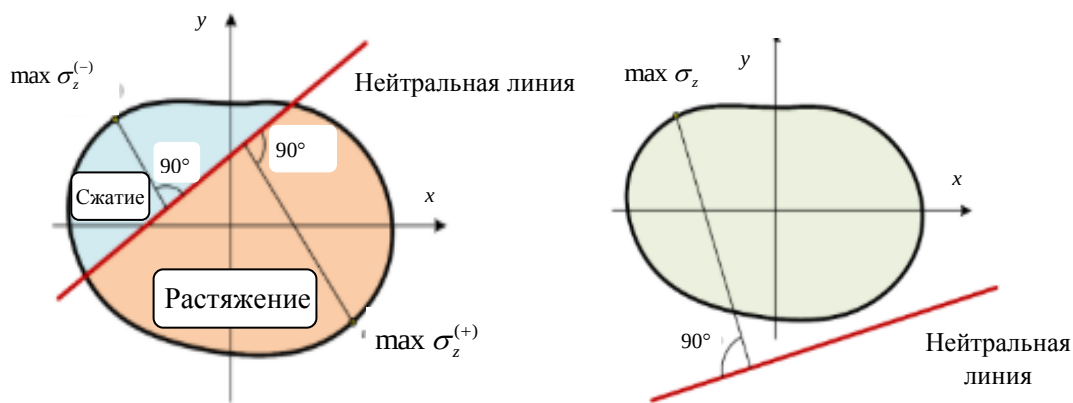


Рис. 4. Свойства НЛ

Ядро сечения – это область вокруг центра тяжести, обладающая следующим свойством: если сила приложена внутри или на границе этой области, то во всем сечении напряжения будут одного знака (только растягивающие или только сжимающие, в зависимости от знака силы N) [1]. Это крайне важно для хрупких материалов (бетона, кладки, грунта) при растяжении, чтобы избежать появления растягивающих напряжений.

Граница ядра сечения строится как огибающая НЛ, соответствующих точкам приложения силы, движущимся по контуру сечения [2]. Иначе говоря, чтобы НЛ касалась контура сечения (не пересекала его, оставляя все напряжения одного знака), сила должна быть приложена в определенной точке – точке на границе ядра.

Алгоритм:

1. Задать НЛ как касательную к контуру сечения.
2. Определить отрезки ax и ay , отсекаемые этой НЛ на осях.
3. По формулам для координат точки приложения силы (из уравнения НЛ) найти соответствующую точку на границе ядра:

$$x_p = -\frac{I_y}{Aax} ; \quad y_p = -\frac{I_x}{Aay} . \quad (7)$$

Последовательно обойти все характерные касательные к контуру (например, стороны прямоугольника) и получить набор точек – границу ядра.

Примеры формы ядра сечения:

1. Прямоугольник ($b \times h$): ядро – ромб с диагоналями, равными $b/3$ и $h/3$ вдоль соответствующих осей [2].
2. Круг (диаметр d): ядро – круг диаметром $d/4$ [1].
3. Двутавр, швеллер: ядро имеет форму выпуклого многоугольника, смещенного в сторону более развитой полки [5].

Условие прочности для упругой стадии

Наибольшие напряжения возникают в точках сечения, наиболее удаленных от НЛ. Обычно это угловые точки.

Условие прочности [3] можно выразить как

$$|\sigma_{max}| = \left| \frac{N}{A} \pm \frac{Mx}{W_x} \pm \frac{My}{W_y} \right| \leq [\sigma], \quad (8)$$

где W_x , W_y – моменты сопротивления сечения относительно соответствующих осей.

Важно: для хрупких материалов, имеющих разные допускаемые напряжения на растяжение $[\sigma]_p$ и сжатие $[\sigma]_c$, проверку нужно проводить отдельно для максимальных растягивающих и максимальных сжимающих напряжений [6].

Частный случай: внецентренное сжатие силой, приложенной на одной главной оси (например, ось y) [4]. Это плоская задача. Формулы упрощаются ($M_y = 0$):

1) напряжения:

$$\sigma_z = \frac{\frac{N}{A} + M_x \times y}{I_x}; \quad (9)$$

2) уравнение НЛ:

$$y_0 = -\frac{I_x N}{M_x A} = \frac{-i^2 x}{y_p}, \quad (10)$$

где I_x – радиус инерции;

3) наибольшие напряжения:

$$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{min}} = \frac{N}{A} \left(1 \pm \frac{y_p \times y_{max}}{i^2 x} \right). \quad (11)$$

Задачи с учетом пластических деформаций (для пластичных материалов)

1. Расчет по предельным состояниям (по несущей способности). При значительном превышении предела текучести в наиболее нагруженных волокнах происходит их пластическое течение, НЛ смещается, нагрузка перераспределяется. Предельная нагрузка наступает, когда все сечение переходит в пластическое состояние. Для прямоугольного сечения при внецентренном сжатии на одной оси предельный момент связан с центральной силой линейной зависимостью.

2. Расчет каменных и бетонных конструкций. Нормы (СП, СНиП) жестко регламентируют положение нагрузки относительно центра тяжести для исключения растягивающих напряжений (требуют, чтобы сила находилась в пределах ядра сечения или близко к нему) [6].

3. Расчет фундаментов. Проверка давлений под подошвой фундамента (краевые давления) – это классическая задача на внецентренное сжатие грунтового основания [4].

4. Расчет металлических и железобетонных колонн, т.е. внецентренно сжатых элементов, производится с учетом случайных эксцентриситетов и влияния гибкости стержня (продольного изгиба) [3].

Внецентренное растяжение и сжатие – это важнейшая расчетная модель, связывающая простые виды деформации и приближающая теорию к реальным условиям работы конструкций, где идеальное центральное приложение нагрузки является исключением. Понимание концепций НЛ и ядра сечения обязательно для грамотного проектирования несущих элементов в строительстве и машиностроении.

Библиографический список

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. 592 с.
2. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. М.: Высшая школа, 1975. 654 с.
3. Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов. М.: Высшая школа, 1995. 560 с.
4. Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко [и др.]; под ред. Г.С. Писаренко. Киев: Выща школа, 1986. 775 с.
5. СНиП II-22-81*. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1983. 40 с.
6. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов / И.Н. Миролюбов [и др.]; под ред. И.Н. Миролюбова. М.: Высшая школа, 1974. 416 с.

OUT-OF-CENTER TENSION AND COMPRESSION

D.R. Dzhemileva, A.S. Dvuzhilov, A.D. Kiselyov

Abstract. *This article examines a type of complex stress state known as eccentric tension and compression, which arises when an external force is applied parallel to, but not coincident with, the axis of a rod. Based on the method of reducing the force to the centroid of the cross-section, formulas for determining normal stresses at an arbitrary point of the section are derived. Particular attention is paid to the analysis of the neutral axis and the construction of the core (or kernel) of the section—the region that guarantees the absence of stresses of alternating sign. The work includes the conditions of strength for the elastic stage of the material's operation, and it also analyzes the practical significance of the theory for calculating columns, foundations, and other elements of building structures that operate under eccentric compression.*

Keywords: *eccentric tension, eccentric compression, eccentricity, normal stresses, neutral axis, core of a section, section kernel, complex stress state, stress reduction, strength condition, structural elements.*

Об авторах:

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

ДЖЕМИЛЕВА Диана Рустемовна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: dianadzemileva830@gmail.com

КИСЕЛЕВ Алексей Дмитриевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

About the authors:

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

DZHEMILEVA Diana Rustemovna – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: dianadzemileva830@gmail.com

KISELYOV Alexey Dmitrievich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

УДК 691

ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ

**Н.А. Кравченко, В.В. Белов,
В.И. Трофимов, В.Б. Петропавловская**

© Кравченко Н.А., Белов В.В.,
Трофимов В.И., Петропавловская В.Б., 2026

***Аннотация.** В статье представлен обзор опилкобетона как материала, разработки которого необходимы на территории с большим скоплением древесных отходов. За счет своих физико-механических показателей опилкобетон может иметь как конструкционно-теплоизоляционное, так и теплоизоляционное назначение. В связи с этим его применение возможно в различных сферах строительства (от промышленного до жилого сектора) и актуально для производства различных изделий.*

***Ключевые слова:** опилкобетон, деревобетон, древесные отходы, достоинства и недостатки, свойства опилкобетона.*

Введение

Повышение темпов строительства ведет к необходимому расширению номенклатуры различных видов материалов и изделий. В то же время важными моментами являются понижение материалоемкости, повышение качества и уменьшение себестоимости продукции в целом [1, 2].

Для решения этих задач можно использовать легкие и эффективные материалы, которые получают из местного сырья или вторичных ресурсов, включая отходы и побочные продукты промышленности [2].

Применение таких материалов способствует снижению экологической нагрузки и оптимизации затрат на производство. В контексте устойчивого развития и рационального использования ресурсов данная стратегия демонстрирует высокую степень адаптивности и экономической целесообразности [2].

В России сосредоточено до 50 % мировых запасов древесины. В процессе заготовки, обработки и использования этого ресурса образуется значительное количество отходов [3].

Переработка древесных отходов имеет важное значение как для экологии, так и для экономики. С одной стороны, она позволяет создавать строительные, теплоизоляционные и отделочные материалы с необходимыми характеристиками. С другой стороны, это способствует значительному сокращению объемов отходов, отправляемых на полигоны [3].

Применение подобных облегченных изделий в строительстве дает возможность значительно сократить массу зданий – до 35 %, снизить расход стали на 20 %, цемента – на 10 %, а также уменьшить трудозатраты на 20 %. В то же время такие материалы улучшают теплотехнические характеристики и эксплуатационные свойства конструкций. Они повышают долговечность, коррозионную стойкость, устойчивость к динамическим и сейсмическим воздействиям, а также к резким изменениям температуры [2].

Таким образом, руководствуясь представленной выше информацией о скапливаемых отходах древесного производства, можно заявить, что одним из перспективных решений является разработка изделий на их основе.

Опилкобетон, к примеру, представляет собой строительный материал, получаемый смешиванием вяжущего, минерального заполнителя, опилок и воды, а иногда добавок минерального или химического происхождения [3]. Опилкобетон еще называют деревобетоном (или арболитом). В 1930-х гг. фирма Durisol занялась разработкой состава и технологии его производства в Голландии, после чего опилкобетон получил признание не только в Европе, но и в странах Северной Америки. Распространение материала на территории СССР началось в 1960-е гг.,

когда были разработаны первые государственные стандарты в целях соблюдения рецептуры, области применения и планируемых характеристик [2].

Сырье для изготовления бетона

Производство арболита регламентируется рядом нормативных документов, в частности ГОСТ 19222-84 и ГОСТ Р 54854-2011, где указывается состав изделий для проектирования необходимых свойств, а также их соответствие нормам [4].

Вязущим веществом при производстве опилкобетона является портландцемент класса 32,5 и выше [4].

В качестве заполнителей применяют полимерные материалы в виде волокон (фибры) или гранул, а также вещества и материалы растительного происхождения: древесные отходы, целлюлозу, солому, камыш, торф, костру (отходы от переработки льна и конопли), рисовую шелуху и др. [5].

Древесные отходы делятся на два типа: твердые (обрезки досок, пиломатериалов и т.д.) и мягкие (стружка, опилки, древесная пыль). Наибольшую ценность представляют твердые отходы, поскольку из них производят разнообразную продукцию. В качестве примера можно привести изготовление древесно-волоконистых (ДВП), древесно-стружечных (ДСП) и цементно-стружечных плит (ЦСП), а также блоков на основе гипсового (гипсоопилочных) или цементного вяжущего (например, арболит, опилкобетон и т.д.) и гипсоволокнистых плит. Мягкие отходы имеют меньшую ценность из-за ограниченных возможностей их использования, связанных с формой и размером [3, 6].

Однако в работе [7] также упоминается использование в качестве заполнителя переработанных остатков арболитовых изделий, что говорит о безотходности производства.

Для повышения биостойкости заполнителя, снижения водопроницаемости и повышения прочности бетона в состав смеси вводятся добавки-минерализаторы: хлорид кальция, жидкое стекло, силикат-глыба, сернокислый глинозем или известь [8].

Минерализация измельченной древесины позволяет выровнять кислотно-щелочной баланс цементного теста и нейтрализовать содержащиеся в древесине сахара, которые образуют с бетонной смесью так называемые «цементные яды», т.е. вещества, замедляющие схватывание бетона [9].

Свойства

Арболит обладает усредненными показателями по средней плотности ($500\text{--}1\,000\text{ кг/м}^3$) и прочности на сжатие ($1,5\text{--}5,0\text{ МПа}$), теплопроводность находится в пределах $0,07\text{--}0,30\text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, а водопоглощение – в пределах от 40 до 85 %. Кроме того, у него относительно высокая прочность на изгиб и повышенная трещиностойкость [3, 4, 10, 11].

Арболит представляет собой экологичный материал, обладающий высокой воздухо- и паропроницаемостью. Благодаря своей универсальности этот материал может использоваться не только для создания стандартных изделий, таких как блоки и плиты, но и для производства элементов сложной формы, включая изогнутые детали [3, 8].

Арболит имеет структуру, схожую с крупнопористыми легкими бетонами, в которых используются пористые минеральные заполнители [12]. Однако его прочность зависит от множества факторов, таких как химическая активность заполнителя, его анизотропия, влажностные деформации и коэффициенты линейного расширения, которые значительно отличаются от соответствующих характеристик цементного камня [4, 12].

Достоинства и недостатки

До недавнего времени опилки и стружка, образующиеся в процессе деревообработки, практически не находили применения и в основном отправлялись на свалки. Однако в связи с увеличением объемов производства деревообрабатывающие предприятия начали искать способы использования этих мягких отходов. Композитные материалы на основе древесных опилок обладают рядом существенных преимуществ:

1. Они значительно снижают затраты на отопление зданий, уменьшая нагрузку на фундамент.

2. Они экологически безопасны, не выделяют вредных веществ, не электризуются и не нарушают естественные электромагнитные поля. Они также обеспечивают «дыхание» стен и не создают «эффекта термоса».

3. Композиты на основе древесных отходов устойчивы к резким перепадам температуры, влаге, ультрафиолетовому излучению, плесени и грибкам, что делает их долговечными и надежными.

4. Они легко поддаются механической обработке, что упрощает процесс строительства и монтажа.

Опилкобетон обладает рядом важных преимуществ, таких как отличные звукоизоляционные свойства, простота монтажа, экологическая безопасность, долгий срок эксплуатации и доступная цена. Однако он, как и любой другой строительный материал, имеет свои недостатки, среди которых можно выделить:

1. Медленный набор прочности при изготовлении элементов толщиной более 200 мм. Прочностные характеристики опилкобетона достигают оптимального уровня только через три месяца после производства.

2. Необходимость надежной защиты от влаги как изнутри, так и снаружи, а также использование пароизоляционной пергаментной прокладки.

3. Сохранение опилкобетоном своей пластичности на протяжении длительного времени, что позволяет формировать блоки с обеспечением пружинящих свойств [7, 13].

Применение

В рамках многолетних исследований, проводимых ведущими научно-исследовательскими и проектными институтами, такими как НИИЖБ, ВНИИдрев, ЦНИИЭПсельстрой, МЛТИ и Гипролеспром, была осуществлена комплексная работа по изучению свойств и возможностей применения различных конструкционных материалов в строительстве зданий различного функционального назначения. В результате этих фундаментальных исследований были разработаны типовые серии несущих и ограждающих элементов, которые нашли широкое применение в жилищном, общественном и промышленном строительстве. К числу наиболее значимых разработок относятся многослойные и однослойные стеновые панели и блоки, а также плиты перекрытия из арболита, интегрированные с железобетонными конструкциями [7].

Арболитовые изделия могут быть произведены в различных вариантах. Среди них, например, стеновые панели и блоки, плиты покрытия для совмещенных кровель, плиты перекрытия с усилением железобетонными брусками или несущими элементами, перегородочные плиты для первых этажей культурно-бытовых зданий и магазинов, а также тепло- и звукоизоляционные плиты, объемно-пространственные конструкции и монолиты [14]. В статье [15] приведен пример возведения малоэтажной постройки из арболита. Авторы предполагают, что это весьма актуальное направление в сфере строительства.

Щепоцементные стеновые блоки часто применяются в качестве несъемной опалубки. Цементно-стружечные плиты используются как конструкционный, теплоизоляционный и отделочный материал. Гипсо-стружечные плиты в основном служат для отделки и звукоизоляции [16].

Арболитовые панели – это высококачественный, долговечный и экологически чистый материал для стен, который находит широкое применение и представлен в разнообразных вариантах и размерах. Их использование при строительстве и утеплении зданий значительно сокращает сроки выполнения работ и уменьшает количество швов в конструкциях. Популярность таких панелей постоянно растет. Арболит не является универсальным материалом, но при правильном монтаже и отделке на его основе можно создавать легкие, теплые и экологичные здания, которые оправдывают свою стоимость и доступны по цене. Этот строительный материал подходит для возведения зданий на любом типе грунта, включая пучинистый, и может использоваться в различных климатических условиях [17].

Эффективность использования арболита в строительстве обусловлена рядом факторов. Во-первых, он позволяет значительно снизить массу

зданий и сооружений, а также улучшить их теплозащитные свойства. Во-вторых, применение местных материалов сокращает объемы перевозок и уменьшает общую стоимость строительства. Например, при одинаковой толщине стен арболитовая стена весит в 7–8 раз меньше кирпичной и в 2–3 раза легче керамзитобетонной.

Кроме того, использование арболита уменьшает капитальные вложения в создание производственной базы. Эти затраты оказываются в 2 раза ниже, чем при производстве панелей из бетона на пористых заполнителях.

Производство арболита для строительства зданий разного назначения является наиболее рациональным и востребованным решением. Этот экологически чистый материал обладает способностью сжиматься, что отличает его от кирпича и пенобетона, а также от их аналогов. Использование арболита в строительстве жилых зданий экономически выгодно, а также обеспечивает высокую надежность и безопасность конструкций [15].

Заключение

Подводя итог, стоит отметить, что опилкобетон – это один из экологичных материалов, применение которого помогло решить проблему утилизации древесных отходов. При сочетании вяжущего и данного заполнителя изделие может входить в категорию конструкционно-теплоизоляционного или теплоизоляционного назначения, что делает его использование перспективным в различных сферах. Область применения – промышленный и жилой секторы (загородные дома, бани, дачи и иные малоэтажные сооружения и здания). Кроме того, для изготовления такого вида бетона не требуются большие тепловые и энергетические затраты, поэтому себестоимость сравнительно невысокая. Его использование в современной строительной индустрии весьма перспективно.

Библиографический список

1. Павлюченко Е.В., Стородубцева Т.Н., Бондарев В.А. Использование деревобетона в строительной сфере. Особенности материала на основе древесных отходов // Энергосберегающие и экологические перспективные технологии лесного и лесопромышленного комплекса: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов / отв. ред. А.Ю. Корчагина. Воронеж: ВГЛУ, 2023. С. 80–84.
2. Касимов О.Б., Артыкулов Д.Дж., Кучимов С.У. Эффективный легкий арболитный бетон // Central Asian Journal of Education and Innovation. 2024. № 3. С. 5–8.
3. Баруздин А.А., Закревская Л.В. Перспективы рециклинга в строительстве с целью создания инновационных композиционных материалов // Умные композиты в строительстве. 2023. № 4. С. 29–54.

4. Куандыкова Ш.Б. Влияние фракционного состава опилок на опилкобетон // Перспективы науки. 2021. № 6 (141). С. 64–68.
5. Колесниченко Е.А. Влияние вида цемента на физико-механические свойства арболита // Молодой исследователь Дона. 2024. № 9 (4). С. 52–55.
6. Свойства арболита с наномодифицирующей добавкой на основе микрокремнезема / Н.П. Лукутцова [и др.] // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Вестник ВСГУТУ). 2023. № 2. С. 97–104.
7. Исследование свойств вторичного древесного заполнителя для арболита / В.А. Шевченко [и др.] // Фундаментальные исследования. 2018. № 3. С. 112–116.
8. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Современные энергоэффективные конструкционные и облицовочные строительные материалы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 7. С. 76–87.
9. Колосова А.С., Пикалов Е.С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на основе древесного сырья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 3. С. 66–77.
10. Соловьев С.А., Шевцов Л.С., Соловьева А.А. Исследование возникновения арболита и древесно-цементных композитов как строительных материалов // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2022. № 2 (16). С. 21–24.
11. Исследования составов высокопрочного арболита и конструктивных решений на их основе / С.А. Соловьев [и др.] // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. 2021. № 4 (14). С. 39–44.
12. Матыева А.К. Оптимизация состава и свойств сырьевых компонентов в производстве модифицированного арболита из местного сырья // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2019. № 3 (67). С. 352–365.
13. Андриенко В.В., Пашкова М.Е. Арболитовые блоки и их применение // Безопасный и комфортный город: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2018. С. 70–72.
14. Рудой А.И., Голубев А.И., Касаткина Н.К. Актуальность арболита в строительстве // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2023. № 1. С. 286–288.
15. Комяков А.Н., Кошкин А.К., Шейникова С.Д. Применение арболита при проектировании быстровозводимых зданий // Технический оппонент. 2024. № 1 (13). С. 41–43.

16. Слизикова Е.А. О перспективах применения строительных композиционных материалов на древесной основе // Современная наука: новые подходы и актуальные исследования: материалы международной (заочной) научно-практической конференции. Нефтекамск: Научно-издательский центр «Мир науки» (ИП Вострецов Александр Ильич), 2022. С. 38–45.

17. Никулин А.А., Соргутов И.В. Арболитные плиты. Строительство быстровозводимых зданий из арболитовых плит // Вестник науки. 2023. № 2. С. 309–323.

LIGHTWEIGHT CONCRETES BASED ON WOOD FILLERS

N.A. Kravchenko, V.V. Belov,
V.I. Trofimov, V.B. Petrovpavlovskaya

Abstract. *The article provides an overview of sawdust concrete as a material that is necessary to develop in areas with a large amount of wood waste. Due to its physical and mechanical properties, sawdust concrete can be used for both structural and thermal insulation purposes. Therefore, it can be applied in various construction sectors (from industrial to residential) and is relevant for the production of various products.*

Keywords: *sawdust concrete, wood concrete, wood waste, advantages and disadvantages, properties of sawdust concrete.*

Об авторах:

КРАВЧЕНКО Николай Андреевич – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: Kolya12tv@gmail.com

БЕЛОВ Владимир Владимирович – советник РААСН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vladim-bel@yandex.ru

ТРОФИМОВ Валерий Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vitrofa@mail.ru

ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ Виктория Борисовна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: victoriapetrop@gmail.com

About the authors:

KRAVCHENKO Nikolay Andreevich – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: Kolya12tv@gmail.com

BELOV Vladimir Vladimirovich – Advisor to RAACS, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladim-bel@yandex.ru

TROFIMOV Valery Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vitrofa@mail.ru

PETROPAVLOVSKAYA Victoria Borisovna – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: victoriapetrop@gmail.com

УДК 691

ГЕОПОЛИМЕРНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И БЕТОНЫ

**А.С. Кузьминых, В.Б. Петропавловская,
Т.Б. Новиченкова, Ю.Ю. Курятников**

© Кузьминых А.С., Петропавловская В.Б.,
Новиченкова Т.Б., Курятников Ю.Ю., 2026

***Аннотация.** В статье рассмотрены геополимерные вяжущие и бетоны, их свойства, технология изготовления и перспективы применения.*

***Ключевые слова:** геополимеры, портландцемент, экологическая безопасность, прочность.*

Введение

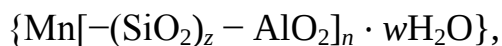
Технология производства самого распространенного на земле строительного материала – бетона (а также изделий и конструкций на его основе) – в настоящее время развивается, переживая эволюционные и революционные периоды. Это касается как технико-экономических аспектов, так и факторов обеспечения экологической безопасности строительства.

В настоящее время портландцемент (ПЦ) является основным общестроительным вяжущим веществом. Однако производство ПЦ по обжиговой технологии достаточно энергоемко и сопровождается большими выбросами углекислого газа. По данным Gigaton Throwdown

Initiative, «цементная индустрия ответственна за выбросы примерно 5 % общих выбросов CO₂ в атмосферу, или 2,1 гигатонны в год». Действительно, при производстве цементного клинкера в процессе разложения сырьевых компонентов образуется 0,53 кг CO₂ на тонну клинкера, еще 0,37 кг выделяется при сгорании топлива. Таким образом, общая нагрузка на окружающую среду достигает 0,9 т CO₂/т клинкера. С учетом ежегодного роста объемов производства и применения цемента этот факт говорит о значительной угрозе для всего человечества [1].

Существующие сегодня пути совершенствования производства клинкера, как правило, основаны на повышении энергоэффективности печей и помольных установок, использовании альтернативных источников топлива и сырья, улавливании и использовании CO₂. Снижение содержания клинкера в цементе в основном достигается за счет применения активных минеральных добавок природного или искусственного происхождения при одновременном улучшении гранулометрического состава цемента. В последние годы в цементном производстве достигнуты вполне заметные успехи, но похоже, что это направление себя почти полностью исчерпало и вышло на определенное технологическое «плато». Таким образом, создание альтернативных вяжущих и строительных материалов на их основе для замещения энергоемкого ПЦ остается актуальной задачей для современного строительного материаловедения [2, 3].

Геополимеры представляют собой неорганические алюмосиликатные полимеры, полученные путем активации различных алюмосиликатных минералов различными щелочными растворами [4]. Геополимерные материалы имеют аморфную микроструктуру и химический состав, аналогичный природным цеолитовым материалам. Химическая реакция между щелочным раствором и исходным связующим материалом, содержащим алюмосиликат, называется процессом полимеризации; полимерная цепь и кольцевая структура, состоящая из связей Si-O-Al-O, образуются в процессе полимеризации так, как показано на рис. 1. Схема адаптирована из источников [4, 5] с эмпирической формулой



где М – действие щелочи; n – процент полимеризации; w – содержание воды.

Кроме того, цепи в алюмосиликате могут быть в виде поли(сиалата) с отношением Si к Al, равным 1,0 (цепь -Al-O-Si-), поли(сиалата-силокс) с отношением Si к Al, равным 2,0 (цепочка -Al-O-Si-Si-), и поли(сиалат-дисилокс) с отношением Si к Al, равным 3,0 (-Al-O-Si-Si-Si-цепь) [4, 5].

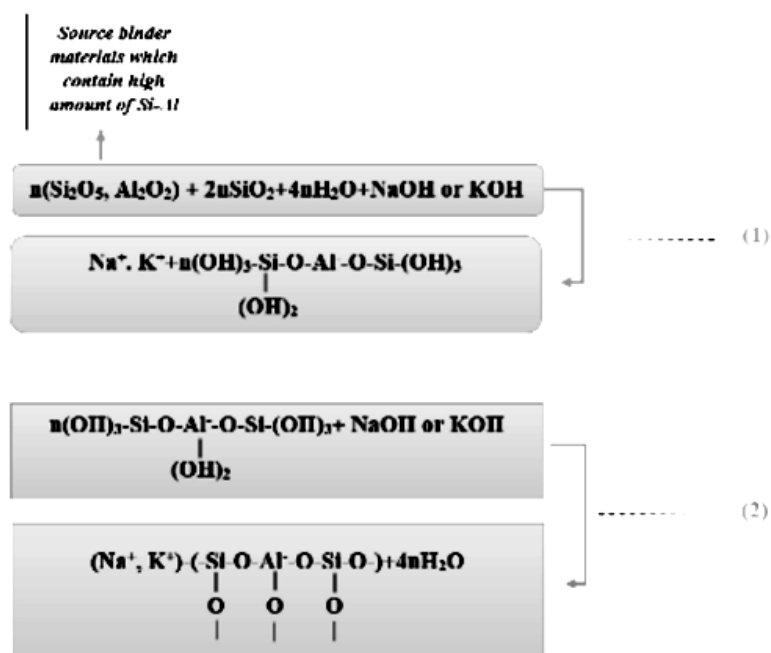


Рис. 1. Химические реакции в процессе геополимеризации [4]

Состав, структура и свойства геополимерного бетона

Термин «геополимер» был введен французским химиком Ж. Давидовицем в 1978 г., а термин «геобетон» был предложен российскими инженерами компании «Геобетон» как обозначение частного случая материалов для строительства на основе геополимерных вяжущих. В 1970-е гг. во Франции случилось множество серьезных пожаров, после которых Давидовиц задумался над созданием полимерного материала без органических горючих соединений. Геополимерные материалы, полученные в результате щелочной обработки техногенного или природного сырья, такого как золы ТЭС, шлаки, красный шлам, метакраолин, полевошпатные горные породы и другие, подобного недостатка не имеют [3]. Преимуществами технологии геополимеров в сравнении с технологией ПЦ являются отсутствие высокотемпературного обжига и выделений углекислого газа при диссоциации карбонатного сырья, а также возможность использования отходов различных отраслей промышленности. Так появилась геополимерная технология, основанная на идее использования неорганических минеральных веществ. В их трехмерной полимерной цепочке атомы углерода заменены неорганическими атомами кремния и алюминия. Ниже приведена схема получения геополимерного вяжущего:

1. Тепловая активация – обжиг минералов глины, способствующий высокоэнергетическим преобразованиям (получение метакраолина и т.д.).
2. Щелочная активация глинистых минералов.
3. Расщепление глинистых минералов NaOH.
4. Разрушение мономеров в растворе.

5. Уплотнение мономеров в устойчивые соединения.
6. Получение неорганического полимерного вяжущего [4–6].

Геополимерный бетон с правильно подобранными заполнителями обеспечивает высокую огнестойкость – он способен выдерживать температуры до 1 200 °С. Тип трехмерной структуры геополимерной сетки формирует нанопористость структуры, которая позволяет химически и физически связанным молекулам воды испаряться при нагревании. Благодаря этому свойству вода не закипает и не разрывает бетон изнутри, как это происходит в ПЦ. Нанопористость геополимерной структуры обеспечивает высокую водонепроницаемость бетона: большие молекулы воды не могут проникнуть внутрь даже под давлением. Благодаря нанопористости геобетон обладает высокой морозостойкостью и может использоваться при температуре до –20 °С без дополнительного прогрева. Известно, что с уменьшением диаметра пор температура замерзания в них даже чистой дистиллированной воды понижается и может достигнуть уровня от –40 до –50 °С. Кроме того, реагент (водный щелочной раствор) действует как электролит, понижающий температуру замерзания жидкости в структуре бетона [7]. Геополимерный бетон имеет абсолютную химическую стойкость. За счет отсутствия кальциевых соединений в своей структуре он обладает высокой сульфатостойкостью и высокой устойчивостью к различным видам солей и кислот. Высокощелочная среда является гарантом защитных свойств бетона по отношению к арматуре. Прочность на сжатие и изгиб у геополимерного бетона достигается за счет подбора состава (рис. 2), точного подбора гранулометрической кривой инертных заполнителей, а также введения специальных добавок (в частности, различных видов мелкодисперсных армирующих волокон) [8].

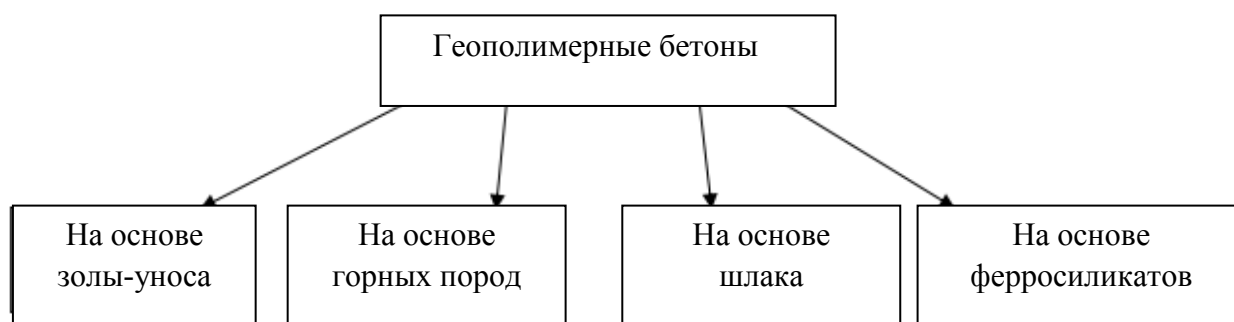


Рис. 2. Классификация геополимерных бетонов по Ж. Давидовицу [8]

Технология производства геополимерных вяжущих позволяет сократить эксплуатацию природных минеральных ресурсов за счет использования отходов предприятий в виде золы от сжигания угля на тепловых электростанциях, пылевидных фракций отсеков дробления

щебня и обогащения руды, а также дисперсных отходов магматических горных пород. Производство геополимерных бетонов требует небольшой перемолки отходов, а операция обжига не нужна. Благодаря таким условиям энергопотребление технологии и выбросы углекислого газа намного меньше, чем у обычных технологий производства бетона [8].

В начале разработки геополимеров в качестве сырья использовались каолины, полевые шпаты, которые после термической обработки при 750 °С смешивались с растворами силикатов натрия и калия. Полученные образцы характеризовались высокой прочностью, антикоррозийностью и жаростойкостью. Однако такие геополимеры не стали популярными из-за дороговизны сырья. Наиболее перспективным сырьем для производства геополимерных материалов считаются золы тепловых электростанций и металлургические шлаки. Эти промышленные отходы в процессе производства подвергаются нагреву до высоких температур и быстрому охлаждению, способствующему формированию слабозакристаллизованных или стекловидных фаз, в связи с чем появляется высокая реакционная способность по отношению к щелочным растворам.

Комплексные характеристики геополимерных бетонов

Прочность на сжатие – одно из важнейших свойств бетона. В работах малазийских ученых есть объяснения, что более высокая концентрация раствора гидроксида натрия внутри геополимерного бетона приведет к более высокой прочности на сжатие, потому что NaOH обеспечит хорошее сцепление между заполнителем и пастой бетона. Кроме того, есть утверждения о том, что прочность на сжатие геополимерного бетона примерно в 1,5 раза больше, чем у обычного портландцементного бетона. В России же исследователи провели эксперименты и установили, что образцы геополимерного бетона, имеющие в составе Ключищенскую и Жуковскую глины, обожженные при 750 °С, в соотношении геополимерной пасты и наполнителя 1 : 1 обладают наилучшими характеристиками. В соответствии с полученной прочностью геополимерный бетон на основе Ключищенской глины имеет марку М100 (В7,5), что позволяет отнести его к типу легких бетонов [6, 7].

Говоря о долговечности, можно опереться на опыт иностранных исследователей и заявить следующее. Геополимерный бетон более устойчив к воздействию тепла, сульфатов, проникновению воды и реакции щелочного заполнителя. Роль кальция в геополимерном бетоне, состоящем из летучей золы, весьма заметна, так как кальций может вызвать образование вспышки. Геополимерный бетон на основе термоотвержденной летучей золы подвергается низкой ползучести и очень небольшой усадке при высыхании порядка 100 микронапряжений через один год. Он обладает отличной устойчивостью к воздействию сульфатов. Геополимер на основе летучей золы, как было доказано, обеспечивает лучшую устойчивость к агрессивной среде [9]. Это преимущество может быть

использовано для строительства сооружений, подверженных воздействию морской среды. Говоря о плюсах использования геополимерных вяжущих и бетонов, нельзя не отметить и главный минус: при их производстве требуется использовать химические вещества, которые могут оказывать вредное воздействие при неправильном обращении.

Подводя итоги, можно сказать, что геополимер по своим свойствам и характеристикам, таким как прочность на сжатие, стойкость к воздействию агрессивной среды и высоких температур, обрабатываемость, не уступает бетону на основе ПЦ. Таким образом, в ближайшем будущем геополимерный бетон может стать эффективной альтернативой стандартному бетону. Требуется детальное исследование и изучение геополимерных бетонов и вяжущих, а исследователи должны прийти к общему выводу с учетом всех достоинств и недостатков [9, 10].

Заключение

По многим характеристикам геополимеры превосходят традиционные материалы. Совершенствование технологии геополимерных материалов на основе промышленных отходов и широкое внедрение этих технологий в практику позволят решить несколько научно-технических задач:

1. Получить строительный материал с более высокими технико-строительными характеристиками, в частности повышенной долговечностью.
2. Снизить потребность строительной индустрии в природных сырьевых материалах.
3. Значительно снизить энергоемкость производства вяжущих за счет исключения операции обжига.
4. Уменьшить себестоимость производства строительных материалов за счет использования более дешевого сырья. Каждая тонна ПЦ влечет за собой выброс порядка одной тонны углекислого газа в атмосферу. При производстве геополимерного цемента в 10 раз сокращаются выбросы углекислого газа в атмосферу и на 90 % снижается потребление энерго-ресурсов. Кроме того, замещение в строительной индустрии ПЦ геополимерными вяжущими сокращает влияние строительной отрасли на усиление эффекта глобального потепления, способствует улучшению общей экологической ситуации на планете.

Библиографический список

1. Экономическая оценка экологически безопасного использования техногенных отходов в производстве геополимеров для нужд строительства / В.Б. Петропавловская [и др.] // Экономика строительства. 2024. № 5. С. 406–409.

2. Геополимеры на алюмосиликатном сырье / С.А.Ю. Муртазаев [и др.] // Строительство и реконструкция. 2025. № 2. С. 94–107.
3. Щербань Е.М. Современное состояние вопроса геополимерных бетонов в России и за рубежом // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2022. Т. 18. № 3. С. 29.
4. Геополимерные материалы на основе техногенного сырья / А.М. Калинин [и др.] // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации: материалы научно-практической конференции. Мурманск: МАГУ, 2023. С. 135–137.
5. Перспективные технологии переработки золошлаковых отходов в геополимеры / П.Г. Козлов [и др.] // Вопросы современной науки и практики. 2024. № 3 (93). С. 19–29.
6. Рафаелян А.В., Аноприенко Д.С. Особенности применения геополимербетона в строительстве // Образование. Наука. Производство. 2021. С. 890–893.
7. Ким С.В., Катаев Г.А., Муравьев А.С. Геополимерная цементно-песчаная смесь: вопросы характеристик // Перспективы науки. 2020. № 11 (134). С. 238–240.
8. Бебина Г.А. Геополимерные вяжущие и бетоны на их основе // Вузовская наука в современных условиях: сборник материалов 56-й научно-технической конференции: в 2 ч. Ульяновск: УлГТУ, 2022. Ч. 1. С. 110–113.
9. Гришин А.С., Петроченко Р.Е. Преимущества геополимерных бетонов перед бетонами из портландцемента // Россия молодая: сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Кемерово: КузГТУ, 2022. С. 63109.1–63109.4.
10. Саламанова М.Ш., Исмаилова З.Х., Ибрагимов С.Х. Строительные растворы на вяжущих щелочной активации // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2024. Т. 51. № 2. С. 223–231.

GEOPOLYMER BINDERS AND CONCRETES

A.S. Kuzminykh, V.B. Petrovpavlovskaya,
T.B. Novichenkova, Yu.Yu. Kuryatnikov

Abstract. *The article discusses geopolymer binders and concretes, their properties, manufacturing technology and application prospects.*

Keywords: *geopolymers, Portland cement, environmental safety, durability.*

Об авторах:

КУЗЬМИНЫХ Андрей Сергеевич – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: psktstu@yandex.ru

ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ Виктория Борисовна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: victoriapetrop@gmail.com

НОВИЧЕНКОВА Татьяна Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tanovi.69@mail.ru

КУРЯТНИКОВ Юрий Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: yuriy-@yandex.ru

About the authors:

KUZMINYKH Andrey Sergeevich – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: psktstu@yandex.ru

PETROPAVLOVSKAYA Victoria Borisovna – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: victoriapetrop@gmail.com

NOVICHENKOVA Tatiana Borisovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tanovi.69@mail.ru

KURYATNIKOV Yury Yuryevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

МОСТОСТРОЕНИЕ: ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ

Е.А. Лаптев, А.С. Двужилов, А.Д. Киселев

© Лаптев Е.А., Двужилов А.С.,
Киселев А.Д., 2026

Аннотация. *Статья посвящена анализу современных инновационных тенденций в области мостостроения. Рассмотрены ключевые технологические направления, определяющие развитие отрасли: цифровая трансформация процессов проектирования и эксплуатации, применение новых материалов, внедрение систем интеллектуального мониторинга, передовые методы возведения и принципы устойчивого развития. Определены основные вызовы и перспективы создания безопасных, долговечных и экологичных мостовых сооружений.*

Ключевые слова: *мостостроение, инновации, информационное моделирование, композитные материалы, структурный мониторинг, устойчивое развитие, методы надвижки.*

Введение

Современное мостостроение – это динамично развивающаяся отрасль, где традиционные инженерные принципы объединяются с передовыми цифровыми технологиями, новейшими материалами и принципами устойчивого развития [1]. Целью является создание не просто безопасных и надежных, но и интеллектуальных, экономичных, экологических и эстетически совершенных сооружений. Ключевые инновации можно систематизировать по нескольким основным направлениям.

Цифровая трансформация: от проекта до эксплуатации

Цифровые технологии кардинально меняют весь жизненный цикл моста. Информационное моделирование (BIM) представляет собой создание точной 3D-модели, содержащей всю информацию о конструкции, материалах, сроках и стоимости (так называемый «цифровой двойник»). BIM позволяет выявлять коллизии и ошибки на этапе проектирования, оптимизировать логистику и строительные процессы, управлять объектом на протяжении всей его эксплуатации [2].

Цифровое проектирование и расчеты предполагают использование суперкомпьютеров и облачных вычислений для сложнейших нелинейных расчетов, моделирования динамических нагрузок, сейсмических воздействий и аэродинамической устойчивости [3].

Беспилотные технологии (дроны) применяются для топографической съемки, мониторинга хода строительства, обследования труднодоступных элементов (пилонов, пролетов) и создания детальных 3D-моделей.

Интеллектуальные материалы и конструкции

Инновации в материаловедении лежат в основе создания более долговечных и эффективных конструкций.

Высокопрочные и коррозионно-стойкие стали позволяют увеличивать пролеты и снижать массу конструкций.

Сверхвысокопрочный фибробетон (UHPC) обладает прочностью на сжатие в 2–3 раза выше, чем у традиционного бетона, и высокой пластичностью. Он позволяет создавать изящные, тонкие и долговечные элементы (балки, плиты проезжей части).

Композитные материалы (FRP), такие как арматура и сетки из стекло- или углепластика, не подвержены коррозии. Они незаменимы в агрессивных средах (морское побережье, противогололедные реагенты) для усиления и ремонта конструкций [4].

Интеллектуальные мосты и системы мониторинга (SHM)

Современный мост – это «живой организм», оснащенный нервной системой из датчиков.

Структурный мониторинг (Structural Health Monitoring – SHM) представляет собой сеть датчиков (акселерометров, тензометров, датчиков вибрации, влажности, коррозии), которая в режиме реального времени собирает данные о напряженно-деформированном состоянии, вибрациях и целостности элементов, а также о влиянии температуры, ветра и транспортной нагрузки. Это позволяет прогнозировать остаточный ресурс и оптимизировать затраты на обслуживание.

Инновационные методы возведения и производства

Технологии строительства становятся быстрыми, безопасными и менее зависимыми от погодных условий.

Метод надвижки (Incremental Launching Method) – это сборка пролетного строения на берегу и его горизонтальная надвижка на опоры с помощью гидравлических домкратов. Он минимизирует работы на высоте и в русле реки.

Полное или модульное заводское изготовление предполагает максимальный перенос работ с площадки в цеха (off-site construction). На объект доставляются готовые крупноблочные элементы (секции пилонов, целые балки), что повышает качество, точность и скорость монтажа.

Автоматизация и роботизация находят применение в сварочных работах, покраске, укладке бетона и обследовании внутренних полостей.

Экологичность становится неотъемлемым критерием проектирования. Эффективное использование ресурсов достигается за счет проектирования мостов с учетом будущей возможности разборки и повторного использования элементов (принцип циркулярной экономики).

Минимизация воздействия на экосистему обеспечивается применением технологий, не требующих осушения русла (надвижка, сборка на берегу), и созданием компенсационных биотопов.

Авангардные конструктивные решения и вызовы

Вантовые и вантово-балочные гибридные системы доминируют в строительстве больших пролетов (свыше 500 м). Они позволяют создавать легкие, изящные и экономичные конструкции. Инновации заключаются в использовании новых форм пилонов, материалов вант и систем гасителей колебаний.

Разводные и подвижные мосты сегодня создаются с применением новых приводных механизмов, систем точного позиционирования и контроля для повышения надежности и скорости разводки.

Сейсмостойкость обеспечивается за счет разработки систем сейсмической изоляции (например, сейсмопрочных опор-маятников), которые не сопротивляются, а «гасят» энергию землетрясения, защищая пролетное строение.

Заключение

Современное мостостроение – это симбиоз инженерного гения и высоких технологий. Основные тренды – полная цифровизация (BIM, мониторинг), переход к «умным» материалам и принципам устойчивости. Будущее за мостами, которые не просто являются инженерными сооружениями, а становятся самодиагностируемыми, энергоэффективными системами, которые гармонично встроены в природную и цифровую среду и способны служить столетиями при минимальных затратах на обслуживание. Россия активно интегрирует эти технологии, что видно на примерах таких объектов, как мост через Керченский пролив, где были применены масштабный мониторинг, сложные методы погружения свай и защита от сейсмике и льда.

Библиографический список

1. Семенова В.А. Инновационные технологии в строительстве мостов: монография. М.: АСВ, 2022. 295 с.
2. Ефимов С.В., Катаева М.О. Использование BIM-программ при проектировании мостов // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции. М.: ООО «Институт развития образования и консалтинга», 2021. С. 130–135.
3. Двужиллов А.С., Заграничный С.А. Эволюция методов расчета и подходов к проектированию // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции: в 2 ч., Тверь, 12 февраля 2025 года / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2025. Ч. 2. С. 141–144.

4. СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113273> (дата обращения: 23.02.2026).

BRIDGE CONSTRUCTION: INNOVATIVE APPROACHES AND TECHNOLOGIES IN BRIDGE BUILDING

E.A. Laptev, A.S. Dvuzhilov, A.D. Kiselyov

Abstract. *The article is devoted to the analysis of modern innovative trends in the field of bridge construction. Key technological directions defining the industry's development are considered: digital transformation of design and operation processes, the use of new materials, the implementation of intelligent monitoring systems, advanced construction methods, and principles of sustainable development. The main challenges and prospects for creating safe, durable, and environmentally friendly bridge structures are identified.*

Keywords: *bridge construction, innovation, Building Information Modeling (BIM), composite materials, structural health monitoring, sustainable development, incremental launching method.*

Об авторах:

ЛАПТЕВ Егор Алексеевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: Laptev-yegor_1380@mail.ru

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

КИСЕЛЕВ Алексей Дмитриевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

About the authors:

LAPTEV Egor Alexeyevich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: Laptev-yegor_1380@mail.ru

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

KISELYOV Alexey Dmitrievich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ РЕАКЦИОННО-ПОРОШКОВЫЕ (МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ) БЕТОНЫ

Д.Р. Матвеева, В.Б. Петропавловская,
Т.Б. Новиченкова, В.В. Белов

© Матвеева Д.Р., Петропавловская В.Б.,
Новиченкова Т.Б., Белов В.В., 2026

***Аннотация.** В статье рассмотрены современные высокопрочные реакционно-порошковые (мелкозернистые) бетоны как перспективное направление в строительных материалах. Проанализированы их состав, структура, механизмы твердения и эксплуатационные свойства, включая показатели прочности, долговечности и устойчивости к агрессивным воздействиям. Особое внимание уделено технологическим аспектам производства, области применения в строительстве высокотехнологичных объектов, а также перспективам дальнейшего развития и внедрения этих материалов. В работе подчеркнута важность использования таких бетонов для повышения надежности, долговечности и эффективности современных конструкций.*

***Ключевые слова:** высокопрочные бетоны, реакционно-порошковые бетоны, мелкозернистые бетоны, структура бетона, механизмы твердения, долговечность, эксплуатационные характеристики, строительные материалы, технология производства, применение в строительстве, армирование, гидратация, инновационные материалы.*

Введение

Использование высокопрочных реакционно-порошковых (мелкозернистых) бетонов (РПБ), обладающих уникальными свойствами и широкими возможностями применения, представляет собой актуальное направление в области строительных материалов. Их значение и перспективность подтверждаются возможностью создания конструкций с повышенной долговечностью и устойчивостью к агрессивным средам [1]. В условиях постоянного развития строительной индустрии и повышения требований к качеству, долговечности и экономической эффективности строительных конструкций такие бетоны становятся все более востребованными.

Главной характеристикой вышеуказанных бетонов является их высокая прочность. Предел прочности на сжатие может достигать 70–150 МПа, что в разы превосходит показатели обычных бетонов [2]. Объемный вес обычно превышает 2 400 кг/м³, что связано с

использованием специальных цемента и высококачественных заполнителей. Помимо сжатия, важными являются показатели прочности на изгиб и на растяжение, которые также находятся на высоком уровне и обеспечивают надежность конструкции при различных видах нагрузок [2].

Следующим ключевым преимуществом РПБ выступает быстрота набора прочности, позволяющая значительно сократить сроки строительства [3]. Кроме того, высокая химическая стойкость к кислотам, щелочам и солям делает их незаменимыми для объектов в агрессивных условиях [4]. Данные бетоны отличаются особым составом, высокой технологичностью и экологической безопасностью, что делает их особенно привлекательными для различных строительных задач. Мелкозернистая структура оказывает прямое влияние на свойства бетона, способствуя снижению пористости, повышению плотности и уменьшению усадочных деформаций [5].

Высокопрочный мелкозернистый бетон обладает также отличной адгезией с арматурой, что позволяет уменьшить толщину бетонных элементов без потери прочности, а это обеспечивает экономию материалов и увеличение полезной площади зданий [6].

Основным компонентом РПБ является реакционно-порошковая смесь, которая включает в себя активные вещества, способные вступать в химическую реакцию при контакте с водой. В состав таких бетонов обычно входят цемент, зола, шлак, гипс, а также специальные активирующие добавки. Важный элемент – применение тонкодисперсных порошков, обеспечивающих быстрый гидратационный процесс [3]. Использование таких побочных продуктов промышленности, как зола и шлак, не только улучшает свойства бетона, но и повышает экологичность и экономическую эффективность производства [3]. Помимо всего прочего, мелкозернистый бетон обладает меньшей усадкой и меньшей склонностью к образованию трещин, что положительно влияет на его долговечность [5].

Указанный состав обеспечивает высокую реактивность и способствует развитию прочности в короткие сроки, а тонкодисперсные порошки играют ключевую роль в ускорении процессов гидратации и формировании плотной микроструктуры бетона. Кроме того, входящие в состав добавки улучшают подвижность, водонепроницаемость, морозостойкость и другие эксплуатационные характеристики.

Дополнительными достоинствами являются высокая технологичность и возможность автоматизации производственного процесса. Это позволяет получать бетоны с однородным качеством и минимальными материальными затратами. Данные бетоны также характеризуются хорошей рабочей подвижностью, что облегчает их укладку и уплотнение [6].

Механизм твердения мелкозернистых бетонов основан на нескольких ключевых этапах: гидратации цемента, формировании прочной

межзернистой структуры и постепенном развитии прочностных свойств [7]. Вначале при смешивании компонентов происходит реакция гидратации цемента, которая начинается сразу же после заливки и продолжается в течение длительного времени. В результате взаимодействия цементных минералов с водой образуются продуктовые гидратационные соединения, такие как кальциевый гидроксид и различные кремнеземные и алюмосиликатные гидраты. Эти вещества заполняют межзерновое пространство, связывая заполнитель и создавая плотную структуру [8].

Особенностью твердения мелкозернистого бетона является высокая плотность и однородность структуры. Мелкий размер заполнителей способствует более равномерному распределению гидратационных продуктов, что уменьшает пористость и повышает плотность бетона. В результате структура становится менее пористой, и это обеспечивает высокую водонепроницаемость и устойчивость к воздействию агрессивных сред.

Процесс твердения мелкозернистого бетона включает в себя не только химическую гидратацию, но и физические процессы, такие как усадка и уплотнение. Важную роль играет правильный режим увлажнения в течение первых дней после заливки, что обеспечивает полноценное развитие гидратационных процессов и формирование прочной структуры. На структуру также влияют качество цемента, соотношение компонентов, наличие добавок и условий твердения.

Практическое применение высокопрочного мелкозернистого бетона в строительстве (таблица) обусловлено необходимостью возведения объектов, требующих высокой стойкости к нагрузкам и агрессивным воздействиям окружающей среды [6]. Например, такие бетоны широко используются при строительстве мостовых сооружений, гидротехнических объектов, промышленных зданий, а также в ремонте и реконструкции существующих конструкций.

Области применения высокопрочного мелкозернистого бетона [6]

Область применения	Примеры объектов
Мостостроение	Опоры, пролеты, дорожные покрытия
Гидротехнические сооружения	Гидроаккумуляторы, плотины, каналы
Промышленные здания	Заводы, склады, химические цеха
Реконструкция и ремонт	Восстановление устаревших конструкций
Высокоточные конструкции	Тонкие стеновые панели, фасады, элементы с высокой точностью

В строительной практике высокопрочный мелкозернистый бетон применяется для изготовления тонкостенных элементов, таких как плиты, стены, стены-экраны, а также для создания конструкций, требующих высокой точности размеров и гладкой поверхности. В случае ремонта и реконструкции он используется для восстановления изношенных или поврежденных участков, что позволяет значительно повысить прочность и долговечность восстановленных конструкций. Кроме того, высокопрочный мелкозернистый бетон применяется в условиях с повышенными требованиями к огнестойкости и устойчивости к воздействию химических веществ. Например, в химической промышленности или на объектах с высокой степенью агрессивности окружающей среды это позволяет обеспечить долговременную эксплуатацию сооружений без необходимости частых ремонтов [9].

Тем не менее внедрение высокопрочных мелкозернистых бетонов сталкивается с определенными вызовами. Среди них можно назвать высокую стоимость сырья и технологий изготовления, необходимость строгого контроля качества, а также сложности при транспортировке и укладке из-за повышенной жесткости материала. Для успешного внедрения высокопрочного мелкозернистого бетона необходимо развитие соответствующих технологий производства, повышение квалификации специалистов, а также проведение исследований, посвященных оптимизации состава и методам укладки [10].

Заключение

В целом применение высокопрочных РПБ представляет собой важный шаг в развитии строительных материалов. Их использование позволяет создавать конструкции с повышенными надежностью, стойкостью и долговечностью, что соответствует современным требованиям к качеству и безопасности зданий. Постоянное развитие технологий производства и улучшение состава этих бетонов открывают новые возможности для их применения в самых сложных и ответственных строительных проектах, делая строительство более эффективным, экономичным и экологичным.

Библиографический список

1. Толстой А.Д., Лесовик В.С. Многокомпонентные высокопрочные строительные композиты. Белгород: БГТУ имени В.Г. Шухова, 2022. 288 с.
2. Джаббарова Н.Э., Гасанова У.Ф. Влияние добавки микрокремнезема на прочность бетона // Проблемы науки. 2022. № 1 (69). С. 12–15.
3. Ткач Е.В., Темирканов Р.И. Цементный бетон с улучшенными физико-механическими свойствами на основе применения активированного микрокремнезема // Инновации и инвестиции. 2019. № 10. С. 289–292.

4. Бахташ К.Н., Абдрахманов У.К. Исследование возможности повышения качества бетона введением модифицирующих добавок // Молодой ученый. 2020. № 22 (312). С. 91–94.

5. Баженов Ю.М., Федюк Р.С., Лесовик В.С. Обзор современных высокоэффективных бетонов // Научные технологии и инновации: электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 29 апреля 2019 года: в 14 ч. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. Ч. 4. С. 45–49.

6. Куликова А.А., Демьяненко О.В., Ничинский А.Н. Разработка комплексных модифицирующих добавок для тяжелого бетона // The Scientific Heritage. 2021. № 80. С. 36–40.

7. Кикеева Л.В. Влияние видов заполнителя на свойства бетонной смеси // Наукосфера. 2022. № 11-2. С. 193–196.

8. Влияние добавки микрокремнезема на удобоукладываемость и плотность равно подвижных бетонных смесей и прочность бетона / М.Б. Пермяков [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 3 (129). С. 1–8.

9. Прочность бетонов с улучшенной структурой и свойствами с использованием высокопрочного гранитного щебня и модификацией микрокремнезема // Esj.today. URL: <https://esj.today/PDF/40SAVN523.pdf> (дата обращения: 02.06.2025).

10. Маркосов С.А., Юдин Р.В., Золотарев В.В. Применение микрокремнезема в производстве цементного бетона // Актуальные исследования. 2023. № 21 (151). Ч. 1. С. 31–37.

HIGH-RESISTANCE REACTION-POWDER (FINE-GRAINED) CONCRETES

**D.R. Matveeva, V.B. Petropavlovskaya,
T.B. Novichenkova, V.V. Belov**

Abstract. *The article discusses modern high-strength reaction powder (fine-grained) concretes as a promising direction in construction materials. Their composition, structure, hardening mechanisms, and operational properties are analyzed, including strength, durability, and resistance to aggressive influences. Special attention is given to technological aspects of production, applications in the construction of high-tech facilities, as well as prospects for further development and implementation of these materials. The work emphasizes the importance of using such concretes to improve the reliability, durability, and efficiency of modern structures.*

Keywords: *high-strength concretes, reaction powder concretes, fine-grained concretes, concrete structure, hardening mechanisms, durability,*

operational characteristics, construction materials, production technology, construction applications, reinforcement, hydration, innovative materials.

Об авторах:

МАТВЕЕВА Дарья Романовна – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: psktstu@yandex.ru

ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ Виктория Борисовна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: victoriapetrop@gmail.com

НОВИЧЕНКОВА Татьяна Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tanovi.69@mail.ru

БЕЛОВ Владимир Владимирович – советник РААСН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vladim-bel@yandex.ru

About the authors:

MATVEEVA Daria Romanovna – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: psktstu@yandex.ru

PETROPAVLOVSKAYA Victoria Borisovna – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: victoriapetrop@gmail.com

NOVICHENKOVA Tatiana Borisovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tanovi.69@mail.ru

BELOV Vladimir Vladimirovich – Advisor to RAACS, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladim-bel@yandex.ru

БЕТОННЫЕ РАБОТЫ ЗИМОЙ: ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И АНТИФРИЗЫ

И.А. Михайлов, А.С. Двужилов, А.Д. Киселев

© Михайлов И.А., Двужилов А.С.,
Киселев А.Д., 2026

***Аннотация.** Статья посвящена актуальным методам производства бетонных работ в условиях отрицательных температур. Рассмотрены классические практические способы зимнего бетонирования, а также современные химические методы с использованием противоморозных добавок (антифризов). Проведен сравнительный анализ эффективности различных методов, оценены их технологические и экономические аспекты. Особое внимание уделено влиянию низких температур на процессы гидратации цемента и формирование структуры бетона.*

***Ключевые слова:** зимнее бетонирование, отрицательные температуры, противоморозные добавки, антифризы, термосный метод, электропрогрев, прочность бетона, гидратация цемента.*

Производство бетонных работ в зимний период является одной из сложнейших задач в строительстве. Низкие температуры негативно влияют на процессы твердения бетона: замедляется гидратация цемента, увеличивается время набора прочности, а вода в составе бетонной смеси, замерзая, растет в объеме, что приводит к возникновению внутренних напряжений, разрушению структуры и резкому снижению конечной прочности и долговечности конструкции [1]. Для обеспечения нормального твердения бетона при температурах ниже +5 °С применяется комплекс специальных технологических методов, которые условно можно разделить на две группы: термические (бездобавочные) и химические (с применением противоморозных добавок).

Наиболее экономичным и распространенным термическим способом является метод «термоса». Он основан на использовании тепла, выделяемого цементом при гидратации, и тепла, внесенного с подогретыми составляющими смеси (водой, заполнителями). Бетонируемую конструкцию укрывают теплоизоляционными материалами (матами, пенополистиролом, опилками), которые замедляют остывание. Эффективность метода зависит от массивности конструкции, начальной температуры смеси, вида цемента и наружной температуры. Для массивных конструкций он применим при температурах до –15 и –20 °С [2]. При возведении тонкостенных конструкций или в сильные морозы используют

искусственный прогрев бетона: электропрогрев (пропускание тока через бетон или нагрев греющими проводами), инфракрасный и индукционный нагрев, обогрев паром или теплым воздухом в тепляках-укрытиях. Эти методы требуют значительных энергозатрат, но позволяют вести работы при любых отрицательных температурах.

Химические методы основаны на введении в бетонную смесь специальных веществ – противоморозных добавок (антифризов), которые понижают температуру замерзания воды, ускоряют или замедляют схватывание, способствуют гидратации при низких температурах [3]. Основные типы добавок и их характеристики представлены в таблице.

Характеристика основных видов противоморозных добавок

Тип добавки	Примеры	Механизм действия	Примечания
Сильные электролиты	Нитрит натрия (NaNO_2), нитрат кальция ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), хлориды (CaCl_2 , NaCl)	Понижают точку замерзания затворителя, ускоряют гидратацию цемента	Хлориды вызывают коррозию арматуры, их применение в железобетонных конструкциях ограничено [4]
Слабые электролиты	Карбамид (мочевина), аммиачная вода	Понижают температуру замерзания, мало влияют на скорость твердения	Могут вызывать вспучивание при неправильном дозировании
Бессолевые (многофункциональные)	Комплексные добавки на основе поликарбоксилатов	Пластифицируют смесь, снижают водопотребность, ускоряют набор прочности, обладают противоморозным эффектом	Наиболее современные и технологичные, но более дорогие

Эффективность добавки оценивается по величине понижения температуры замерзания раствора, которая описывается уравнением Рауля для слабых электролитов, с учетом изотонического коэффициента – для сильных:

$$\Delta T = i \times K_{\text{кр}} \times m,$$

где ΔT – это понижение температуры замерзания; i – изотонический коэффициент Вант-Гоффа, зависящий от степени диссоциации

электролита; $K_{кр}$ – криоскопическая постоянная воды; m – молярная концентрация раствора.

На практике для повышения надежности и экономической эффективности часто применяют комбинированный метод: используют противоморозные добавки в сочетании с предварительным разогревом смеси и последующим укрытием конструкции по методу «термоса». Это позволяет значительно сократить время выдерживания бетона в тепле и снизить энергозатраты. Оптимальную стратегию выбирают на основе теплотехнического расчета, учитывающего массивность конструкции, марку бетона и прогноз погоды.

Критическим параметром контроля качества зимнего бетонирования является прочность бетона к моменту его замерзания. Согласно СП 70.13330.2012, бетон должен набрать так называемую критическую прочность, после которой последующее замораживание не приведет к необратимому ухудшению его свойств после оттаивания. Для большинства конструкций эта прочность составляет 30–50 % от проектной марочной. Контроль осуществляется путем измерения температуры в конструкции и испытания контрольных образцов, выдерживаемых в условиях, идентичных условиям конструкции. Набор прочности бетона при различных температурах носит нелинейный характер и может быть аппроксимирован зависимостью, учитывающей температурно-временной фактор (метод «эквивалентного возраста»).

Проведение бетонных работ зимой требует тщательного планирования и выбора адекватных методов, обеспечивающих нормальное твердение бетона. Классические термические методы, такие как «термос» и электропрогрев, остаются надежными, но зачастую энергоемкими. Применение современных противоморозных добавок, особенно в комбинации с легким укрытием, позволяет существенно повысить технологичность и экономичность зимнего бетонирования, снизить зависимость от погодных условий. Дальнейшее развитие направлено на создание комплексных добавок-модификаторов, обеспечивающих не только противоморозный эффект, но и высокую раннюю прочность, пластичность смеси и долговечность бетона в экстремальных условиях.

Библиографический список

1. Баженов Ю.М. Технология бетона: учебник для вузов. М.: Издательство АСВ, 2011. 500 с.
2. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. М.: Минрегион России, 2012. 192 с.

3. Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Издательство АСВ, 2006. 368 с.

4. Немова А.С., Двужилов А.С. Коррозия и ее влияние на прочность конструкций // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции: в 2 ч. Тверь, 12 февраля 2025 года / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2025. Ч. 2. С. 108–111.

CONCRETE WORK IN WINTER: PRACTICAL METHODS AND ANTIFREEZES

I.A. Mikhailov, A.S. Dvuzhilov, A.D. Kiselyov

Abstract. *The article is devoted to current methods of concrete work production under negative temperature conditions. Classical practical methods of winter concreting, as well as modern chemical methods using antifreeze admixtures are considered. A comparative analysis of the effectiveness of various methods is carried out, their technological and economic aspects are evaluated. Special attention is paid to the influence of low temperatures on cement hydration processes and the formation of concrete structure.*

Keywords: *winter concreting, negative temperatures, antifreeze admixtures, thermal insulation method, electric heating, concrete strength, cement hydration.*

Об авторах:

МИХАЙЛОВ Илья Александрович – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: im7738374@gmail.com

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

КИСЕЛЕВ Алексей Дмитриевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

About the authors:

MIKHAILOV Ilya Alexandrovich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: im7738374@gmail.com

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of

Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

KISELYOV Alexey Dmitrievich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

УДК 378.147

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА СЛАБЫХ И ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

М.В. Новиков, А.С. Двужилов, А.Д. Киселев

© Новиков М.В., Двужилов А.С.,
Киселев А.Д., 2026

***Аннотация.** Статья посвящена анализу применения геосинтетических материалов для усиления земляного полотна на слабых и вечномерзлых грунтах. Рассмотрены основные типы геосинтетиков, механизмы их работы, преимущества и ограничения. Особое внимание уделено вопросам их проектирования и опыту практического использования в условиях Крайнего Севера и других регионов со сложными грунтовыми условиями. Показано, что применение геосинтетиков позволяет повышать несущую способность, стабилизировать основания, контролировать деформации и увеличивать долговечность транспортных сооружений.*

***Ключевые слова:** геосинтетические материалы, земляное полотно, слабые грунты, вечномерзлые грунты, армирование, дренаж, разделение, фильтрация, стабилизация, дорожное строительство.*

Строительство и эксплуатация транспортных инфраструктур на слабых (заболоченных, торфяных, илистых) и вечномерзлых (многолетнемерзлых) грунтах сопряжены со значительными техническими сложностями [1]. Основными проблемами являются низкая несущая способность, высокая сжимаемость, пучинистость при сезонном оттаивании и просадки при деградации вечной мерзлоты. Традиционные методы усиления, такие как полная замена грунта, глубинное уплотнение или использование свайных оснований, часто являются чрезмерно затратными, трудоемкими и экологически нежелательными. В связи с этим применение геосинтетических материалов (ГМ) стало эффективной и экономичной альтернативой, позволяющей решать комплекс задач по армированию, разделению, дренажу и фильтрации.

Геосинтетики – это полимерные изделия (геотекстиль, георешетки, геосетки, геомембраны, геокомпозиты и др.), используемые в строительстве для улучшения свойств грунтов [2]. В контексте усиления земляного полотна их основные функции включают:

1. Армирование (усиление) – перераспределение нагрузок от сооружения в основание, что позволяет уменьшить неравномерные осадки и повысить общую устойчивость откосов и насыпей.

2. Разделение – предотвращение взаимопроникновения различных слоев грунта (например, насыпного материала и слабого основания), что сохраняет расчетную толщину и свойства конструктивных слоев.

3. Дренаж и фильтрацию – обеспечение отвода воды из конструкции, предотвращение заиливания дренирующих слоев и сохранение их работоспособности.

4. Защиту и гидроизоляцию (геомембраны) – предотвращение миграции влаги и агрессивных веществ в основании.

Особенности применения на слабых грунтах:

1. Выдавливание слабого грунта в стороны: слабые грунты характеризуются высоким содержанием воды и низкой прочностью, при устройстве насыпи на таком основании происходит выдавливание грунта в стороны, а также смешивание слоев и чрезмерная осадка.

2. Механизм работы: уложенный на контакт «насыпь – слабое основание» геотекстиль (чаще нетканый иглопробивной высокой прочности) выполняет функцию разделения и армирования. Он воспринимает растягивающие усилия, распределяет нагрузку от насыпи на большую площадь, тем самым уменьшая давление на слабый грунт и предотвращая его боковое смещение [2].

На практике для повышения эффективности часто используется комбинация материалов: нетканый геотекстиль как разделительно-дренирующий слой и георешетка (или геосетка) как основной армирующий элемент в теле насыпи. Это позволяет возводить более высокие и устойчивые насыпи с ускоренными темпами строительства [3].

Особенности применения на вечномерзлых грунтах:

1. Требования: проектирование на вечномерзлых грунтах требует учета сохранения мерзлого состояния грунта или, наоборот, управления процессом его оттаивания [1].

2. Термостабилизация: ГМ (в частности, термоизолирующие геокомпозиты) могут использоваться в сочетании с вентилируемыми подпольями или слоями-термосами для регулирования теплового режима основания и предотвращения деградации мерзлоты.

3. Армирование при оттаивании: в зонах, где допускается или неизбежно происходит оттаивание, применение армирующих геосинтетиков (георешеток) в теле насыпи и на контакте с основанием

позволяет конструкции работать в качестве единой гибкой плиты и компенсировать неравномерные просадки оттаивающего грунта.

4. Дренаж: эффективный отвод талых вод с помощью дренирующих геокомполитов критически важен для предотвращения переувлажнения и потери прочности основания.

Проектирование с использованием ГМ требует комплексного подхода, включающего:

инженерно-геологические изыскания с определением характеристик грунтов;

выбор типа ГМ на основе требуемых функций (прочности на растяжение, деформативности, фильтрационных характеристик, стойкости к агрессивным средам);

расчеты на несущую способность, общую и местную устойчивость, осадки;

разработку конструктивных решений и технологических карт укладки.

В России применение геосинтетиков регламентируется рядом ГОСТов и СП, в частности СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги», СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов», а также отраслевыми дорожными методиками [4].

Преимущества, ограничения и опыт применения.

Преимущества:

1. Снижение объемов земляных работ и потребности в привозных грунтах.

2. Ускорение сроков строительства.

3. Повышение надежности и долговечности конструкции.

4. Сокращение затрат на обслуживание и ремонт.

5. Экологичность за счет уменьшения антропогенной нагрузки.

Ограничения:

1. Необходимость тщательного подбора материала под конкретные условия.

2. Чувствительность некоторых полимеров к ультрафиолету и механическим повреждениям при укладке.

3. Высокие требования к качеству производства работ.

Успешный опыт применения получен при строительстве и реконструкции автомобильных и железных дорог в Западной Сибири, на Кольском полуострове, в Канаде и Скандинавии. Например, использование объемных георешеток для армирования оснований насыпей на слабых торфяных грунтах позволило сократить осадки в 1,5–2 раза. Одним из его принципов является равновесие сил, что стало основой для изучения статических свойств материалов.

Применение ГМ в целях усиления земляного полотна на слабых и вечномёрзлых грунтах представляет собой современный, научно обоснованный и экономически эффективный подход. Он позволяет преодолевать вызовы, связанные со сложными инженерно-геологическими условиями, обеспечивать требуемые показатели прочности, устойчивости и долговечности транспортных сооружений. Дальнейшее развитие направления связано с созданием новых multifunctional и адаптивных геокомпозитов, совершенствованием методов расчета и накоплением долгосрочного опыта мониторинга построенных объектов.

Библиографический список

1. Пухачев И.Н., Королев А.А. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. Новосибирск: Наука, 2015. 312 с.
2. Справочник по геосинтетикам и их применению в дорожном строительстве / под ред. В.И. Кельмера. М.: Инфра-Инженерия, 2018. 480 с.
3. Карпушкин П.И., Менжаев Е.М. Применение геосинтетических материалов в условиях Крайнего Севера // Пути улучшения качества автомобильных дорог: сборник статей / под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, Т.В. Дормидонтовой. Самара: СГАСУ, 2015. С. 117–127.
4. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*. URL: <https://kola.rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/kola/uploaded-files/08-15-sp-34133302012-avtomobilnye-dorogi-aktualizirovannaya-redaktsiya-snip-20502-85.pdf> (дата обращения: 05.02.2026).

THE USE OF GEOSYNTHETICS TO STRENGTHEN SUBGRADES ON WEAK AND PERMAFROST SOILS

M.V. Novikov, A.S. Dvuzhilov, A.D. Kiselyov

Abstract. *This article analyzes the use of geosynthetics to strengthen subgrades on soft and permafrost soils. The main types of geosynthetics, their operating mechanisms, advantages, and limitations are discussed. Particular attention is paid to design issues and practical experience in the Far North and other regions with challenging soil conditions. It is shown that the use of geosynthetics can increase bearing capacity, stabilize foundations, control deformation, and extend the service life of transport structures.*

Keywords: *geosynthetics, subgrade, soft soils, permafrost soils, reinforcement, drainage, separation, filtration, stabilization, road construction.*

Об авторах:

НОВИКОВ Матвей Владимирович – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: matai2006@mail.ru

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

КИСЕЛЕВ Алексей Дмитриевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

About the authors:

NOVIKOV Matvey Vladimirovich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: matai2006@mail.ru

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

KISELYOV Alexey Dmitrievich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

УДК 620.1

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ

Д.С. Озимков, А.С. Двужилов, А.Д. Киселев

© Озимков Д.С., Двужилов А.С.,
Киселев А.Д., 2026

Аннотация. В статье рассмотрены современные методы испытаний материалов на прочность, применяемые в инженерной практике и лабораторных исследованиях. Освещены методики проведения статических и динамических испытаний, особенности подготовки образцов, требования стандартов и практическое значение получаемых результатов для оценки качества материалов и надежности конструкций.

Ключевые слова: испытания материалов, прочность, растяжение, сжатие, ударная вязкость, твердость, усталостная прочность, неразрушающий контроль, стандартизация, практическое применение.

Испытания материалов на прочность представляют собой важнейший этап в оценке качества и пригодности материалов для использования в строительстве, машиностроении и других отраслях промышленности. Эти испытания проводятся с целью определения

механических характеристик материалов, таких как предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, ударная вязкость и другие параметры, которые напрямую влияют на надежность и долговечность конструкций [1].

Основным методом испытаний является испытание на растяжение, которое проводится на универсальных разрывных машинах. Этот метод позволяет получить полную диаграмму деформирования материала, на основе которой определяются ключевые характеристики: модуль упругости, предел пропорциональности, предел текучести и временное сопротивление [2]. Для точности результатов критически важным является правильная подготовка образцов, которые должны соответствовать требованиям стандартов по форме, размерам и качеству поверхности. Использование экстензометра – специального датчика для измерения деформации – обязательно для корректного определения модуля упругости и предела пропорциональности. Полученные данные используются в расчетах конструкций, где на их основе определяются допускаемые напряжения с учетом необходимого запаса прочности.

Для хрупких материалов, таких как чугун, бетон и керамика, более информативными являются испытания на сжатие. Эти испытания проводятся на гидравлических прессах, где образцы подвергаются равномерному сжатию до разрушения. Результаты таких испытаний выражаются в величине предела прочности при сжатии, которая служит основной характеристикой для определения марки бетона и оценки несущей способности каменных конструкций.

Динамические испытания, в частности определение ударной вязкости, направлены на оценку способности материала сопротивляться хрупкому разрушению при ударном нагружении. Метод Шарпи и Изода широко применяется для испытания металлов, особенно при пониженных температурах, что позволяет определить температурный порог хладноломкости [3]. Эта характеристика имеет особое значение для материалов, эксплуатирующихся в суровых климатических условиях, таких как северные регионы, где риск хрупкого разрушения конструкций значительно возрастает. Полученные данные по ударной вязкости активно используются при проектировании ответственных конструкций, что подтверждается современными исследованиями в данной области [4].

Усталостные испытания проводятся для оценки сопротивления материала циклическим нагрузкам, которые характерны для многих работающих деталей машин и конструкций. С помощью специальных установок образцы подвергаются многократному нагружению с заданной амплитудой, что позволяет построить кривые усталости и определить предел выносливости материала [5]. Эти данные незаменимы при проектировании деталей, подверженных переменным нагрузкам (валов, осей, пружин и элементов подвески).

Методы измерения твердости, к которым относятся методы Бринелля, Роквелла и Виккерса, являются оперативными и часто неразрушающими способами контроля качества материалов [6]. Выбор метода зависит от свойств материала и требований к точности измерений. Твердость коррелирует с другими механическими свойствами, такими как прочность и износостойкость, что позволяет использовать ее для быстрой оценки качества термической обработки и соответствия материала техническим условиям.

Современные тенденции в области испытаний материалов включают автоматизацию процессов, внедрение роботизированных комплексов и использование систем неразрушающего контроля [7]. Автоматизация позволяет повысить точность и воспроизводимость результатов за счет минимизации влияния человеческого фактора. Неразрушающие методы контроля, такие как ультразвуковая дефектоскопия, вихретоковый контроль и рентгеновское просвечивание, дополняют механические испытания, позволяя выявлять внутренние дефекты в материалах и готовых изделиях без их разрушения.

Результаты механических испытаний также широко используются в компьютерном моделировании, где они служат входными данными для создания точных математических моделей материалов [8]. Это позволяет проводить виртуальные испытания конструкций на стадии проектирования, оптимизировать их форму и параметры, что сокращает время и затраты на разработку новых изделий.

Таким образом, современные методы испытаний материалов на прочность образуют комплексную систему, которая обеспечивает достоверную оценку механических свойств материалов на всех этапах их жизненного цикла — от входного контроля сырья до диагностики эксплуатируемых конструкций. Понимание методик проведения испытаний, требований стандартов и практического применения получаемых результатов является важной составляющей инженерной компетентности и залогом создания безопасных и надежных технических систем.

Библиографический список

1. Фридман Я.Б. Механические свойства металлов. М.: Машиностроение, 1974. 472 с.
2. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение. URL: https://npp.ru/upload/iblock/4ab/u55g08zycijp6kmdng0hi1so9qcuoa4m/GOST-1497_84-Metody-ispytaniya-na-rastyazhenie.pdf (дата обращения: 26.02.2026).
3. ГОСТ 9012-59. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850482.pdf> (дата обращения: 26.02.2026).

4. Коваленко В.А., Двужилов А.С. Расчеты на ударную вязкость и их применение в расчетах строительных конструкций // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Тверь, 12 февраля 2025 года: в 2 ч. / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2025. С. 104–107.

5. ГОСТ 25.502-79. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Испытания на усталость. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/26/2662.pdf> (дата обращения: 26.02.2026).

6. ГОСТ 9454-78. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/246/24683.pdf> (дата обращения: 26.02.2026).

7. Современное оборудование для механических испытаний: каталог-справочник / под общ. ред. В.И. Туманова. М.: Изд-во стандартов, 2018. 210 с.

8. Пархоменко А.А., Грабчинский С.В., Герасимова Л.П. Практикум по механическим испытаниям и контролю металлов: учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 2005. 320 с.

METHODS OF STRENGTH TESTING OF MATERIALS

D.S. Ozimkov, A.S. Dvuzhilov, A.D. Kiselyov

Abstract. *The article discusses modern methods of testing materials for strength, which are used in engineering practice and laboratory research. It highlights the methods of conducting static and dynamic tests, the features of sample preparation, the requirements of standards, and the practical significance of the results obtained for assessing the quality of materials and the reliability of structures.*

Keywords: *material testing, strength, tension, compression, impact resistance, hardness, fatigue resistance, non-destructive testing, standardization, and practical application.*

Об авторах:

ОЗИМКОВ Дмитрий Сергеевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: dozimkov@internet.ru

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

КИСЕЛЕВ Алексей Дмитриевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

About the authors:

OZIMKOV Dmitry Sergeevich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: dozimkov@internet.ru

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

KISELYOV Alexey Dmitrievich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

УДК 711.4-112

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОЗДАНИЮ БЕЗОПАСНОЙ И ДОСТУПНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ТАКТИЛЬНЫХ НАПОЛЬНЫХ УКАЗАТЕЛЕЙ В ГОРОДЕ ТВЕРИ

Ю.В. Сизов, И.А. Дмитриев

© Сизов Ю.В., Дмитриев И.А., 2026

***Аннотация.** В данной статье рассмотрены качество обустройства городской среды города Твери и правильность применения мероприятий для обеспечения доступности зон предоставления услуг всем категориям граждан с ограниченными возможностями здоровья, в том числе и маломобильным группам населения (МГН). Приведены сравнения нормативных требований, описано их реальное применение в городской среде.*

***Ключевые слова:** МГН, тактильные плитки, инвалиды, доступность, средства информации тактильные.*

Введение

Обеспечение безопасной и доступной городской среды для маломобильных групп населения (МГН) – это важное направление развития современных городов и один из ключевых показателей качества жизни. Для города Твери, являющегося крупным региональным центром, задача формирования доступной инфраструктуры особенно актуальна в

условиях модернизации городской территории и реализации программ благоустройства.

Несмотря на проводимые мероприятия, степень фактической эффективности требует объективной оценки. Анализ результатов внедрения решений для МГН позволяет выявить существующие проблемы, определить уровень соответствия нормативным требованиям и сформулировать направления дальнейшего совершенствования городской среды.

Цель данной статьи заключается в том, чтобы оценить эффективность мероприятий по созданию безопасной и доступной среды для МГН в городе Твери и определить возможности повышения качества инфраструктуры с учетом потребностей указанной категории населения.

Размещение тактильных плиток в городской среде

Тактильные напольные указатели (ТНУ) должны обеспечивать возможность людям с нарушениями зрения осуществлять передвижение по направляющим элементам, а также устойчивую и однозначную идентификацию начальных и конечных точек тактильно обозначенного маршрута, участков, на которых происходит поворот, примыкание или разветвление таких маршрутов.

Указатель, изображенный на рис. 1, совместно с отрезком направляющего указателя (рис. 2), выходящего из середины одной или нескольких его сторон, позволяет задавать возможные направления движения к объектам тяготения, информация о которых должна доводиться до инвалидов по зрению другими техническими средствами.

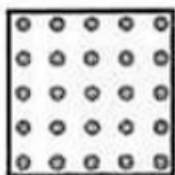


Рис. 1. Поле внимания

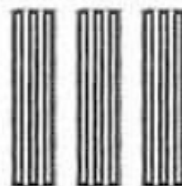


Рис. 2. Поле внимания
и поле посадки
в транспортное средство

Указатели выполняют в виде квадрата со стороной от 570 до 630 мм и используют рифление типа усеченных конусов, усеченных куполов или цилиндров, расположенных в линейном порядке.

Указатели «Поле посадки в маршрутные транспортные средства» и «Поле получения услуги» используют рифление типа поперечных прямолинейных рифов. Количество прямолинейных рифов должно быть равно девяти.

Повороты, примыкания или разветвления тактильно обозначенных путей следования осуществляют под углом $90 \pm 10^\circ$ с использованием указателя «Поле внимания» (рис. 3, 4).

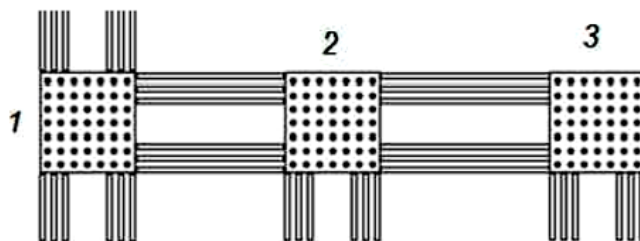


Рис. 3. Применение ТНУ для обустройства тактильно обозначенных путей следования при движении в одном направлении: 1 – ответвления; 2 – примыкание; 3 – поворот

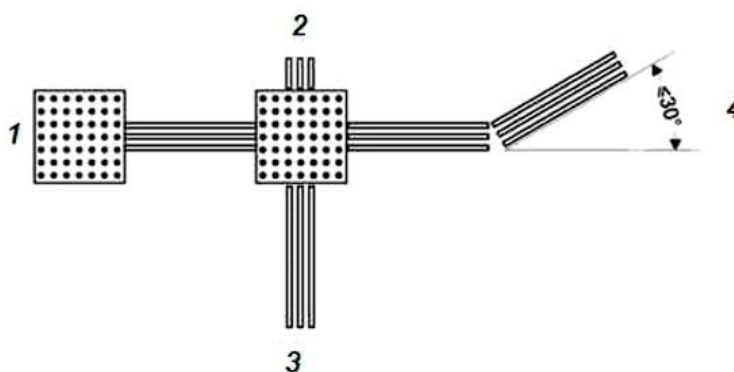


Рис. 4. Применение ТНУ для обустройства тактильно обозначенных путей следования при встречном движении (начало движения, примыкание, возможное направление движения, изменение направления движения на угол менее или равный 30°):

- 1 – поле внимания (место начала движения);
- 2 – возможное направление движения; 3 – примыкание;
- 4 – изменение направления движения на угол менее или равный 30°

Каменные ТНУ можно обустраивать на пешеходных путях в исторической части городов, на территориях памятников архитектуры, истории и культуры, а также на коммуникационных путях внутри зданий и сооружений, относящихся к охраняемым объектам культурного наследия, где существуют проблемы с применением контрастных ТНУ [1].

Наружные ТНУ размещают на пешеходных дорожках, тротуарах, на территориях объектов массового пребывания людей (аэропортов, автовокзалов, железнодорожных вокзалов) [2, 3].

Назначение, размеры, типы рифления и места расположения наружных ТНУ приведены в таблице.

Наружные ТНУ

Наименование и назначение указателя	Размеры	Тип рифления	Место расположения
Локальный предупреждающий указатель «Внимание, по ходу движения – регулируемый или нерегулируемый наземный пешеходный переход»	Указатель глубиной от 500 до 600 мм и шириной, равной ширине перехода, обустроенный на тротуаре перед началом перехода	Продольные рифы, ориентированные на противоположную сторону перехода (рис. 5)	На расстоянии 300 мм от кромки тротуара перед выходом на пешеходный переход
Локальный предупреждающий указатель «Внимание, по ходу движения – пересечение второстепенного проезда или выезда с дворовой территории»	Указатель глубиной от 500 до 600 мм и шириной, равной ширине пересечения, обустроенный на тротуаре перед началом пересечения	Продольные рифы, ориентированные в направлении движения (рис. 5)	На расстоянии 300 мм от кромки тротуара перед выходом на проезжую часть
Локальный предупреждающий указатель «Внимание, прямо по ходу движения – лестница»	Указатель глубиной от 500 до 600 мм и шириной, равной ширине участка лестницы, разрешенного для движения инвалидов	Рифы типа усеченных конусов, усеченных куполов, цилиндров, расположенных в линейном порядке (рис. 6)	На расстоянии 300 мм от кромки проступи первой ступени лестничного марша
Указатель «Поле посадки в маршрутные транспортные средства»	Эффективная глубина указателя – от 420 до 510 мм. Ширина указателя должна соответствовать ширине навеса или створа павильона, при их отсутствии должна быть не менее 2 м	Девять параллельных продольных рифов (рис. 7, 8)	Располагают на посадочной площадке вдоль бортового камня, отделяющего площадку от проезжей части, непосредственно примыкая к нему

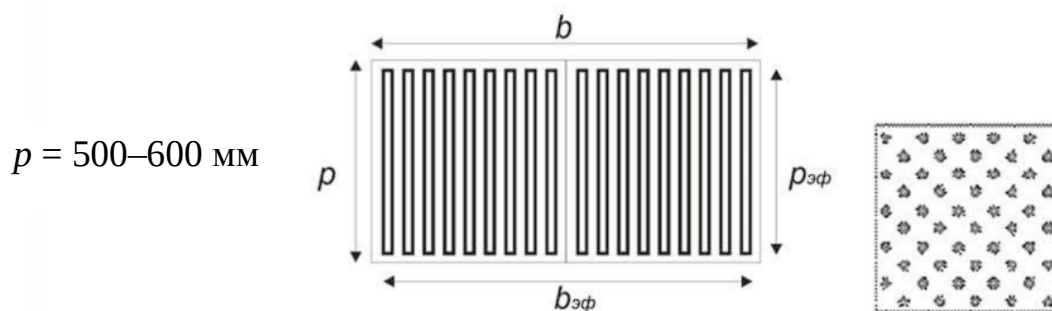


Рис. 5. Форма рифления – прямолинейные параллельные рифы с плоской вершиной, используемые для обустройства предупреждающих ТНУ перед выходом с тротуара на пешеходные переходы и при пересечении местных проездов:
 p – глубина локальных предупреждающих ТНУ;
 $p_{эф}$ – эффективная глубина локальных предупреждающих ТНУ;
 b – ширина локальных предупреждающих ТНУ;
 $b_{эф}$ – эффективная ширина локальных предупреждающих указателей

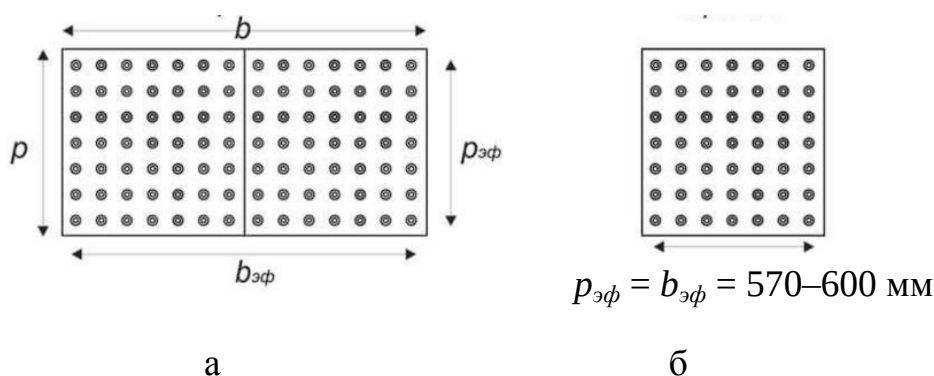


Рис. 6. Форма рифления – усеченные конусы или усеченные купола, расположенные в линейном порядке, используемые для:
 а – обустройства предупреждающих ТНУ, разрешающих движение с осторожностью; б – полей внимания

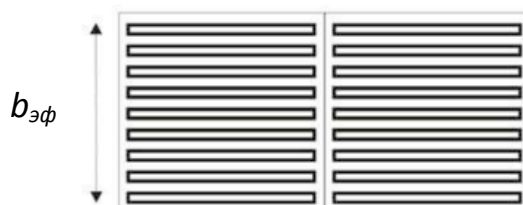


Рис. 7. Форма рифления – прямолинейные поперечные рифы с плоской вершиной (9 шт.), используемые для обустройства полей ожидания и/или получения услуги

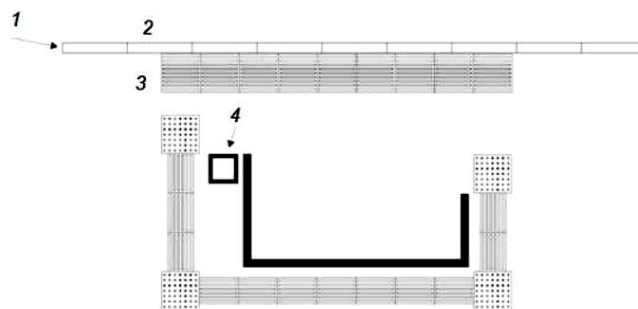


Рис. 8. Применение ТНУ для обустройства тактильно обозначенных путей следования вдоль стенок остановочного павильона и поля посадки в маршрутные транспортные средства: 1 – бордюрный камень; 2 – проезжая часть; 3 – тротуар; 4 – урна

Для обустройства наружных тактильных указателей на пешеходных путях, как правило, используют следующие основные технологии:

- укладку бетонных и каменных тактильных плит;
- нанесение на поверхность тактильных указателей на основе двух-слойного полимерного покрытия;
- установку на поверхности тактильных элементов, изготовленных из различных материалов.

Применение ТНУ в городской среде города Твери

В городе Твери установлено множество ТНУ в Центральном районе. Перед подъемом на Новый Волжский мост расположены тактильные установки с рифленной формой с усеченными куполами (рис. 9), что соответствует требованиям ГОСТов по установлению табличек перед лестницами.



Рис. 9. Тактильные напольные указатели у Нового Волжского моста



Рис. 10. Тактильные напольные указатели у кинотеатра «Звезда»

Возле кинотеатра «Звезда» перед пешеходным переходом расположены тактильные плитки с прямолинейными параллельными рифами с плоской вершиной (рис. 10). Тактильные напольные указатели также

установлены перед другими пешеходными переходами (рис. 11–15) и соответствуют требованиям ГОСТа.



Рис. 11. Тактильные напольные указатели на набережной Степана Разина



Рис. 12. Тактильные напольные указатели на пересечении Новоторжской улицы и Студенческого переулка



Рис. 13. Тактильные напольные указатели на Новоторжской улице



Рис. 14. Тактильные напольные указатели в Свободном переулке



Рис. 15. Тактильные напольные указатели на проспекте Чайковского

Заключение

Проведенный анализ показал, что в городе Твери осуществляется последовательная работа по созданию доступной и безопасной городской среды для МГН, в частности по установке ТНУ.

Вместе с тем выявлено, что применение ТНУ в Твери имеет неравномерный характер: основная часть качественно обустроенных участков сосредоточена в центральной части города. Это говорит о том, что необходимо и дальше расширять программы благоустройства и уделять больше внимания периферийным районам. Кроме того, важным направлением остается контроль за правильностью монтажа и состоянием тактильных элементов, поскольку несоответствие рифления, размеров или местоположения снижает их функциональную эффективность.

Таким образом, мероприятия по внедрению ТНУ в Твери можно считать в целом эффективными, однако их дальнейшее развитие требует системного подхода, комплексного охвата городской территории и постоянного мониторинга качества исполнения. Реализация этих задач позволит обеспечить более высокий уровень доступности городской среды и улучшить условия самостоятельного передвижения лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 52875-2018 «Указатели тактильные наземные для инвалидов по зрению». URL: https://500556.ru/wp-content/uploads/2024/02/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2-52875_%D0%A2%D0%9D%D0%A3.pdf (дата обращения: 26.02.2026).
2. СП 140.13330.2012 Свод правил. Городская среда. Правила проектирования для маломобильных групп населения (утв. и введен в действие Приказом Госстроя от 27.12.2012 № 122/ГС) (ред. от 20.10.2016). URL: https://sh-kulotinskaya-r49.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/userfiles/file/svedeniya/dostupnaya_sreda/2/SP-140-13330-2012.pdf (дата обращения: 26.02.2026).
3. Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.2.007-2011: методические рекомендации по проектированию мероприятий по обеспечению доступа инвалидов к объектам дорожного хозяйства. URL: <https://www.frcds.ru/wp-content/uploads/2025/11/ODM-218-2-007-2011.pdf> (дата обращения: 26.02.2026).

**ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS
OF MEASURES TO CREATE A SAFE
AND ACCESSIBLE URBAN ENVIRONMENT
FOR LOW-MOBILITY GROUPS OF THE POPULATION
USING TACTILE OUTDOOR SIGNS IN THE CITY OF TVER**

Yu.V. Sizov, I.A. Dmitriev

Abstract. *This article examines the quality of urban environment development in the city of Tver and the correctness of measures taken to ensure the accessibility of service areas for all categories of citizens with disabilities, including low-mobility groups of the population (LMGPs). It provides comparisons of regulatory requirements and describes their actual application in the urban environment.*

Keywords: *LMGPs, tactile tiles, people with disabilities, accessibility, tactile media.*

Об авторах:

СИЗОВ Юрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: uvsizov1961@yandex.ru

ДМИТРИЕВ Иван Александрович – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: IvanDmitriev22@yandex.ru

About the authors:

SIZOV Yuri Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: uvsizov1961@yandex.ru

DMITRIEV Ivan Aleksandrovich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: IvanDmitriev22@yandex.ru

ЭВОЛЮЦИЯ СТЕКЛА В АРХИТЕКТУРЕ: ОТ ПРОСТОГО ОКНА ДО КЛЮЧЕВОГО КОНСТРУКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

И.А. Соловьев, А.С. Двужиллов, А.Д. Киселев

© Соловьев И.А., Двужиллов А.С.,
Киселев А.Д., 2026

***Аннотация.** Статья посвящена анализу трансформации роли и технологических возможностей стекла в архитектуре, начиная с его применения в качестве элемента для заполнения световых проемов и заканчивая современным использованием в качестве полноценного несущего и ограждающего конструктивного материала. Рассмотрены ключевые исторические этапы, технологические прорывы в области производства и обработки стекла, а также их влияние на архитектурную форму, пространство и эстетику. Особое внимание уделено появлению и развитию структурного и планарного остекления, стеклянных несущих систем и интеллектуальных фасадов. На основе анализа современных проектов и тенденций сделан вывод о том, что стекло эволюционировало из вспомогательного материала в ключевой элемент, формирующий язык и конструкции современной архитектуры, и продолжает расширять свои функциональные границы.*

***Ключевые слова:** архитектурное стекло, эволюция строительных материалов, структурное остекление, светопрозрачные конструкции, несущие конструкции, стеклянные фасады, современная архитектура, строительные технологии.*

Введение

Стекло – один из древнейших искусственных материалов, известных человечеству. На протяжении тысячелетий его роль в архитектуре оставалась сугубо утилитарной и ограниченной: обеспечение естественного освещения и защита от непогоды при минимальных прочностных характеристиках. Однако со времен промышленной революции и особенно в XX–XXI веках стекло претерпело радикальную трансформацию. Изменились не только его физико-технические свойства, но и архитектурно-строительная сущность. Из хрупкого заполнителя оконных проемов стекло превратилось в высокотехнологичный материал, способный выступать в роли самостоятельной ограждающей и даже несущей конструкции, благодаря чему кардинально меняются представления о пространстве здания, его форме и взаимодействии с окружающей средой.

Цель настоящей статьи – проследить логику этой эволюции путем выделения ключевых технологических инноваций и указания их прямого влияния на архитектурную практику.

Исторический контекст: от витража к фабричному окну

Первые попытки архитектурного использования стекла были фрагментарными и дорогостоящими. В эпоху Античности использовалось лишь небольшое количество мутного литого стекла. Настоящий прорыв произошел в готической архитектуре XII–XVI веков с появлением витража. Стекланные панели были небольшими и скреплялись свинцовыми переплетами, но витраж продемонстрировал способность стекла формировать духовно насыщенную световую среду и выступать не просто окном, а монументальным изображением [1].

Долгое время размер и качество стеклнного листа оставались серьезным ограничением. Производство вдувного (цилиндрического) стекла не позволяло получать большие и ровные плоскости. Ситуация начала меняться с изобретением метода вытяжки стекла (метода Любберса – Эмиля Фурко) в конце XIX века, а затем – революционного флоат-метода (компания Pilkington, 1959 г.). Последний позволил производить листовое стекло идеальной плоскостности и оптического качества в промышленных масштабах, стал технологической базой для всей современной архитектуры стекла [2].

Параллельно развивался металлический каркас (сперва чугунный, затем стальной), который в зданиях XIX века, таких как Хрустальный дворец Джозефа Пакстона (1851), впервые позволил создать огромные светопрозрачные поверхности. Стекло здесь, однако, еще выполняло только функцию заполнения ячеек несущего каркаса и оставалось «навесным» элементом.

XX век: рождение современной архитектуры и «кожаного» фасада

Идеи модернизма о единстве формы и функции, дематериализации объема, слиянии внутреннего и внешнего пространства нашли воплощение в рассматриваемой теме. Пионерами стали архитекторы школы Баухаус, в частности Вальтер Гропиус, реализовавший в здании Баухауса в Дессау (1926) концепцию ленточного остекления. Стекланная завеса фасада мастерских визуальнo растворяла угол, создавала эффект легкости и технологичности.

Венцом этой философии стала концепция «универсального пространства» Миса ван дер Роэ. Речь идет о таких знаменитых домах, как Фарнсуорт-хаус (1951) и Сигрэм-билдинг (1958). В первом случае стекло является сплошной внешней оболочкой, отделяющей интерьер от природы лишь символически. Во втором впервые был применен целостный навесной стекланный фасад с наружными ригелями из металлических профилей. Этот подход, где стекло, закрепленное в металлическую рамную систему, образует сплошную «кожу» здания, стал доминирующим во

второй половине XX века. Однако на данном этапе стекло по-прежнему не несло нагрузки, кроме ветровой, оставаясь ограждающим элементом в системе несущего стального или железобетонного каркаса.

Технологическая революция: на пути к конструктивному стеклу

Эволюцию от заполнения к конструкции обеспечили ключевые технологические инновации:

1. Закаленное и термоупрочненное стекло. Повышение прочности в 4–7 раз по сравнению с обычным листовым стеклом позволило увеличивать размеры панелей и сопротивляемость ударным нагрузкам.

2. Стеклопакеты. Изобретение герметичного стеклопакета (середина XX века) решило проблемы теплозащиты и конденсата, сделало масштабное остекление энергетически целесообразным.

3. Армированное, ламинированное (триплекс) и многослойное стекло. Триплекс, склеивающий два или более стекол полимерной пленкой, не только повысил безопасность (осколки не разлетаются), но и позволил создавать стеклянные конструкции, работающие на изгиб как единая композитная плита.

4. Структурное остекление. Эта технология, появившаяся в 1960-х гг. и получившая широкое распространение с 1980-х, стала переломным моментом. Стекло крепится к несущему каркасу с помощью высокопрочного силиконового герметика, что позволяет создать абсолютно гладкую фасадную поверхность без видимых наружных рам. Визуально стеклянная плоскость становится непрерывной и самодостаточной.

5. Планарное (линейное) остекление. Это развитие структурного принципа. Стеклянные панели удерживаются по линейному контуру специальными зажимами («спайдерами»), что минимизирует металлические элементы и создает эффект парящей и чистой стеклянной оболочки.

Данные инновации подготовили почву для следующего шага – использования стекла в качестве несущего элемента [3].

Стекло как несущая конструкция: современные практики

В современной архитектуре стекло перешло от роли «кожи» к роли «скелета» (или комбинированной системы). Это проявляется в нескольких направлениях:

1. Стеклянные несущие балки и колонны. Изготовленные из многослойного ламинированного стекла (часто с использованием ионов для дополнительной прочности), такие элементы способны воспринимать значительные сжимающие и изгибающие нагрузки. Они применяются в межэтажных лестницах, козырьках, а иногда и в элементах каркаса малоэтажных зданий или атриумов, создают эффект полной визуальной невесомости конструкции.

2. Самонесущие стеклянные фасады и кровли. В этих системах стеклянные панели, объединенные в общую жесткую оболочку с помощью специальных креплений и герметиков, работают как пространственная

структура, передающая нагрузки на ограниченное число точечных опор. Яркие примеры – стеклянные пирамиды Лувра (И.М. Пей) и современные атриумы торговых центров.

3. Цельностеклянные углы и консоли. Благодаря специальным методам гибки (моллирование) и ламинирования создаются гнутые стеклянные элементы, формирующие острые углы без стойки или плавные криволинейные поверхности, несущие нагрузку.

4. Интеллектуальные (адаптивные) фасады. Стекло здесь является основой для «умных» систем. Это фотохромное, электрохромное стекло, меняющее прозрачность, стекла с интегрированными солнечными батареями или системами вентиляции. Стекло становится активным, реагирующим элементом здания, регулирующим световой и тепловой режим [4].

Заключение

Эволюция стекла в архитектуре представляет собой путь от декоративно-утилитарного элемента к центральному компоненту архитектурного проектирования. Эта трансформация была обусловлена симбиозом новых философско-эстетических идей (модернизма, минимализма) и радикальных технологических прорывов в области производства, обработки и монтажа стекла. Если в начале XX века стекло служило для выражения идеи прозрачности и легкости, то в XXI веке оно стало высокоинженерным материалом, сочетающим несущую способность, энергоэффективность и адаптивность.

Современное стекло – это уже не просто окно или заполнение, а сложный композитный материал, который проектируется и рассчитывается наравне со сталью и бетоном. Стекло переопределило границы между интерьером и экстерьером, массой и пространством, конструкцией и оболочкой. Тенденции развития «зеленых» технологий и «умных» городов предполагают дальнейшую эволюцию стекла в сторону большей интеграции функций, а это позволяет утверждать, что его роль как ключевого конструктивного и формообразующего элемента в архитектуре будущего будет только возрастать.

Библиографический список

1. Иконников А.В. Архитектура XX века. Утопии и реальность: в 2 т. М.: Прогресс-Традиция, 2001. Т. 1. 656 с.
2. Шукурова А.Н. Современные светопрозрачные конструкции в архитектуре: материалы, технологии, проектирование // Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 4. С. 105–112.
3. Бархин А.Д., Кожина Е.А. Стекло в архитектуре: от модернизма к хай-теку // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 12. С. 1681–1694.
4. Гусев Н.М. Конструкции из стекла в современном строительстве. Теория и практика. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2017. 288 с.

EVOLUTION OF GLASS IN ARCHITECTURE: FROM A SIMPLE WINDOW TO A KEY CONSTRUCTIVE ELEMENT

I.A. Solovyov, A.S. Dvuzhilov, A.D. Kiselyov

Abstract. *This article analyzes the transformation of the role and technological capabilities of glass in architecture, from its use as a light-flooding element to its modern application as a full-fledged load-bearing and enclosing structural material. The key historical stages, technological breakthroughs in the field of glass production and processing, and their impact on architectural form, space, and aesthetics are considered. Special attention is paid to the emergence and development of structural and planar glazing, glass load-bearing systems, and intelligent facades. Based on the analysis of modern projects and trends, it is concluded that glass has evolved from an auxiliary material into a key element that shapes the language and structures of modern architecture, and continues to expand its functional boundaries.*

Keywords: *architectural glass, evolution of building materials, structural glazing, translucent structures, load-bearing structures, glass facades, modern architecture, construction technologies.*

Об авторах:

СОЛОВЬЕВ Иван Алексеевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: solowiev.van@gmail

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

КИСЕЛЕВ Алексей Дмитриевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

About the authors:

SOLOVYOV Ivan Alekseevich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: solowiev.van@gmail

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

KISELYOV Alexey Dmitrievich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ БЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА

**В.А. Федотова, Т.Б. Новиченкова,
М.А. Смирнов, Ю.Ю. Курятников**

© Федотова В.А., Новиченкова Т.Б.,
Смирнов М.А., Курятников Ю.Ю., 2026

***Аннотация.** В статье рассмотрены теплоизоляционные бетоны с использованием продуктов переработки торфа, их свойства, технология изготовления и перспективы применения.*

***Ключевые слова:** теплоизоляционные материалы, торф, экологичность, использование продуктов переработки торфа.*

Введение

Теплоизоляционные материалы являются одной из самых распространенных групп материалов. Они применяются для изготовления строительных конструкций, оборудования и трубопроводов совместно с конструкционными материалами, воспринимающими возникающие в процессе эксплуатации нагрузки за счет высокой прочности, и облицовочными материалами, защищающими теплоизоляционные и конструкционные материалы от внешних воздействий благодаря стойкости к действию различных факторов (механических воздействий, агрессивных химических веществ, ультрафиолета и т.д.). Теплоизоляционные материалы, имея низкий коэффициент теплопроводности, обеспечивают комфортный температурный режим, энергоэффективность зданий и технологических процессов при использовании в строительной и технической разновидностях теплоизоляции, а также при теплоизоляции транспортных средств: автомобилей, судов, самолетов и т.д. [1].

В качестве теплоизоляционных применяются различные материалы и вещества, которые отличаются друг от друга не только коэффициентами теплопроводности, но и составом, структурой, стоимостью и такими свойствами, как прочность, плотность, водопоглощение, термостойкость, биологическая и химическая стойкости, долговечность, экологичность, пожаробезопасность и т.д. [2].

При создании строительных материалов мало внимания уделяется их экологической безопасности, однако этот показатель является важнейшим при строительстве зданий как жилого, так и промышленного назначения [3]. Экологическая безопасность строительных материалов, на наш взгляд, выступает основным показателем, определяющим их пригодность.

Немаловажное значение имеет и экономическая сторона производства строительных материалов [4]. В связи с повышением цен на вяжущие вещества и строительные материалы любого функционального назначения разработка недорогих изделий, обладающих высокими строительно-техническими свойствами, представляет несомненный интерес. Одним из приоритетных направлений в области производства строительных материалов с улучшенными теплофизическими свойствами является применение торфа. Строительные теплоизоляционные материалы из торфа, обладающие рядом положительных свойств, могут с успехом заменить многие изделия аналогичного применения [5, 6]. Эти материалы позволяют повысить эксплуатационно-экологические характеристики изделий. Сравнительный анализ свойств торфа и торфяных строительных изделий показал перспективность применения данного природного материала в качестве основного сырья для производства. Расширение области применения торфа в качестве основного компонента при производстве строительных материалов многофункционального назначения определило актуальность дальнейших исследований в этой области [7, 8].

Экологические аспекты применения и свойства торфа в производстве теплоизоляционных материалов

Развитие промышленных технологий предлагает потребителю огромный выбор вариантов утепления зданий и сооружений гражданского назначения. В последние десятилетия появилось множество эффективных теплоизоляционных материалов, которые активно применяются в строительстве и считаются экологически привлекательными.

При производстве строительных материалов широко используются заполнители и вяжущие вещества как неорганического, так и органического происхождения. В зависимости от типов заполнителя и вяжущего строительные материалы подразделяются по их физико-механическим и физико-техническим показателям. Особое место занимают легкие строительные материалы, имеющие, как правило, низкие коэффициенты теплопроводности. Их относят к легковесным строительным материалам и изделиям [1–3].

Один из эффективных природных утеплителей – торф. Торфяные блоки содержат измельченную солому и опилки, а также различные модифицирующие добавки, призванные улучшить характеристики материала. Торф же служит связующим веществом. Торфяные модули обладают достаточной несущей способностью, чтобы можно было использовать их в строительстве. Преимуществом материала служит высокая стойкость к воздействию влаги, поэтому гидроизоляционный слой не требуется. Кроме того, достоинствами торфяных блоков являются дешевизна, небольшой вес, пожаробезопасность и долговечность [4].

Строительные материалы на основе торфа обладают рядом положительных свойств и могут с успехом применяться в строительстве.

Непереработанный торф, торфяная крошка, а также торфяные гранулы используются в качестве заполнителя для получения легких бетонов. Торф применяется для изготовления вяжущих веществ в качестве активного наполнителя. В строительстве торф в первую очередь известен как звуко- и теплоизоляционный материал. Довольно давно с этой целью используются торфяные плиты, внешне похожие на утеплители из минеральной ваты. Они изготавливаются из сфагнового торфа, имеющего степень разложения от 5 до 12 % и уровень влажности 91–94 %. До 30 % плиты могут составлять сухие растительные остатки, в том числе грубое древесное волокно [4–6]. Если добавить в торфяные плиты антипирены, они получат противопожарные свойства. Добавление гидрофобизаторов придаст плитам водостойкость, а антисептиков – способность противостоять биологическим угрозам, в том числе плесени и грибку. Особый интерес представляют так называемые торфоблоки, для производства которых используется торф, который просеивается и перетирается с водой до состояния связующего вещества. В качестве наполнителей выступают стружка, опилки, льняная костра, рубленая солома. Блоки формируются под прессом и тщательно просушиваются (без обжига) [5].

Применение торфа дает возможность получить уникальный материал низкой стоимости за счет использования местного недефицитного сырья, меньших энергозатрат и простой технологии производства.

В зависимости от того, из каких растений образовался торф, он подразделяется на три типа: верховой, переходный и низинный. В состав органических веществ торфа входит ряд групп химических соединений, водорастворимые и легкогидролизуемые компоненты, а также гуминовые и фульвовые кислоты, битумы, целлюлоза, лигнин и т.д. Химический состав минеральной части торфа, представленный в табл. 1, в основном представлен оксидами кремния, кальцием, алюминием и железом.

Таблица 1

Химический состав проб торфа, % [6]

SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	BaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Потери при прокаливании
42,7–43,5	7,5–8,2	7,5–7,7	1,2–1,3	6,9–7,2	0,5–0,6	0,6–0,7	1,1–1,2	0,095–0,105	0,5–0,6	1,7–1,8	1,5–1,7	26,0–27,7

По количеству содержания указанных металлов и элементов определяется цветовая гамма торфа. Кроме этих элементов, в торфяной золе содержится целый ряд микроэлементов: ванадий, кобальт, титан и т.д.

Тип торфа и его химический и минералогический составы во многом определяют его применение в хозяйственной деятельности человека [9, 10].

Инновационные технологии и применение теплоизоляционных материалов на основе торфа

С учетом «уникальности» свойств и характеристик торфо-растительно-древесных (ТРД) блоков, а также современных тенденций необходимости использования при строительстве натуральных материалов, в том числе имеющих дополнительные свойства, которые обеспечивают бактерицидность, обоснованным представляется заинтересованность в дальнейшем исследовании и внедрении нового органического теплоизоляционного материала для строительства и теплоизоляции зданий различного назначения (в том числе для животноводческих, птицеводческих и звероводческих зданий и сооружений, зачастую имеющих сложности с поддержанием нормируемых параметров микроклимата) [1–3].

Технология производства ТРД-блоков проста: просеянный торф перемешивается с водой и перетирается на специальной мельнице до густой пасты, затем добавляется наполнитель (солома, опилки, стружка), в прессе формируются блоки, а после этапа сушки они готовы к использованию [4]. Технические характеристики и параметры ТРД-блоков: размеры блоков $510 \times 250 \times 88$ мм; объемный вес $250\text{--}430$ кг/м³; масса блока не более 4 кг; коэффициент теплопроводности $0,06\text{--}0,08$ Вт/(м·°С); сопротивление теплоотдаче $R_0 = 3,4$ Вт/(м²·°С); предел прочности при сжатии $8\text{--}12$ кг/см² [5–7].

Полученные из торфа композиционные материалы (рисунок) не уступают по прочностным характеристикам традиционным тепло- и звукоизоляционным материалам. Наиболее прочные (предел прочности 14,68 МПа) плитные материалы на основе торфа получают в условиях, обеспечивающих полное взаимодействие редуцирующих веществ с гуминовыми веществами и лигнином торфа [8].



Полученные теплоизоляционные образцы на основе:

а – диспергированного торфа;

б – торфа с сохранившейся природной структурой [8, 9]

Предлагаемый композиционный теплоизоляционный материал на основе торфа имеет комплекс существенных преимуществ перед существующими теплоизоляционными материалами. Среди них распространенность и низкая стоимость сырья, простая технология производства, низкие энергозатраты, возможность использования в качестве самонесущих элементов, а также негорючесть и биостойкость. Полученный строительный материал может быть использован для изготовления теплоизоляционных, конструкционно-теплоизоляционных и конструкционных бетонов для жилищного и гражданского строительства. Указанный технический результат достигается тем, что в композиционном материале на основе трепела и торфа, включающем кремнефтористый натрий, особенностью является то, что он дополнительно содержит суспензию нерастворимого остатка трепела в растворе жидкого стекла при следующем соотношении компонентов, масс. %: кремнефтористый натрий – 7–9; торф – 33–39; суспензия нерастворимого остатка трепела в растворе жидкого стекла – 52–60 [10].

Теплоизоляционные плиты на основе торфа (табл. 2) характеризуются однородной волокнистой структурой и мелкопористым строением с открытыми сообщающимися порами (абсолютные значения пористости колеблются в пределах 84–91 %). Для изготовления теплоизоляционных плит верховой торф просеивается и перетирается с водой до состояния связующего вещества. В качестве наполнителей в композиции применяются различные материалы, в частности стружки, опилки, рубленая солома и др. Формирование плит происходит путем прессования с последующей сушкой, без обжига. В настоящее время известно два способа получения теплоизоляционных плит на основе торфа: сухой и мокрый. Наибольшее распространение получил мокрый, так как изготавливаемые по этому способу изделия имеют более высокие качественные показатели [9, 10].

Таблица 2

Основные физико-механические показатели
теплоизоляционных плит на основе торфа [10]

Номер	Наименование показателя	Значение для марки плиты			
		Д 170	Д 200	Д 230	Д 260
1	Объемная масса, кг/м ³	<170	171–200	201–230	231–260
2	Содержание влаги, %	Не более 15			
3	Теплопроводность, Вт/(К·м)	0,052	0,058	0,07	0,076
4	Предел прочности при статистическом изгибе, МПа	0,3		0,4	
5	Водопоглощение за 24 ч, % от начальной массы	50–200			

Для повышения технологичности и эффективности теплоизоляционных материалов на основе торфовермикулитовой смеси предлагается способ грануляции. Гранулирование материала позволит значительно уменьшить способность продукта к слеживанию, тем самым упростит хранение и транспортировку. Необходимо отметить, что гранулирование дает возможность гомогенизировать смесь в отношении физико-химических свойств; увеличивать поверхность теплообмена; регулировать структуру гранул и связанные с ней свойства. Все это способствует интенсификации процессов, в которых используются гранулированные продукты, повышению производительности труда и культуры производства. Анализ и выбор современных способов получения гранулированных теплоизоляционных материалов на основе торфа представляют научный и практический интерес.

Получение гранулированного материала на основе торфовермикулитовой смеси осуществляется двумя основными способами. Первый способ – экструзия. Грануляция данным методом проводится следующим образом. Материал предварительно обрабатывается в смесителе, где при интенсивном перемешивании ему придаются пластические свойства путем добавления жидкой фазы. Пластифицируемая масса под давлением продавливается через специальные матрицы, а качество полученных гранул зависит от влажности смеси, содержания и типа связующего, размера и числа отверстий, формы ножа и среза. Второй способ – окатывание в грануляторах. Характерными особенностями данного вида гранулирования являются низкая энергоемкость и получение равномерных округлых форм размером 3–11 мм [8–10].

Преимущества торфорастительных блоков:

1. Экологичность. В процессе изготовления используют натуральные компоненты. Экспериментальным путем доказано, что торф обладает бактерицидностью. Стены из ТРД-блоков прекрасно «дышат» за счет сорбционно-бактерицидных свойств, поддерживая микроклимат в помещении, который присущ сосновым срубам. Материал не гниет и не подвергается атакам грызунов.

2. Теплопроводность. Она значительно ниже, чем у кирпича. Блок способен заменить минеральную вату, и это при том, что плотность его в 2 раза выше.

3. Прочность. Она достигается за счет незначительного применения связующих компонентов, усиливающих адгезию на пограничной поверхности при прессовании мелкодисперсной смеси в матрице.

4. Не подвергаются возгоранию и не тонут в воде.

Заключение

Изученные в работе источники [1–4] позволяют прийти к выводу о том, что экологически чистый утеплитель важен на любом объекте, где необходимо обеспечить благоприятный микроклимат. Такой утеплитель

помогает сделать помещение более комфортным для проживания, сократить расходы на отопление.

Анализ опубликованных работ [5–10] показывает следующие достоинства торфяных теплоизоляционных плит в сравнении с другими материалами: они имеют низкий коэффициент теплопроводности (от 0,05 до 0,053 Вт/м²·°С), небольшую плотность (от 200 до 300 кг/м³); легко обрабатываются, не имеют запаха, экологически безвредны; не подвергают коррозии металл, с которым соприкасаются; термически обработанные плиты не являются носителями домового грибка, обладают невысокой гигроскопичностью, морозоустойчивы, имеют низкие коэффициенты воздухопроницаемости (0,63 кг/м²·ч·Па) и паропроницаемости (0,34 мг/м·ч·Па). При этом существующие недостатки, такие как высокая водопоглощаемость, низкая огнестойкость и биостойкость, говорят о необходимости усовершенствования существующей конструкции торфяных теплоизоляционных плит. Одним из путей является ввод минеральных добавок (цемента и извести). Торф представляет собой готовое естественное природное сырье, которое может быть непосредственно использовано без больших затрат при создании базы производства теплоизоляционных плит.

На основе анализа источников [6–10] можно прийти к выводу, что малоизученным остается вопрос о методах переработки торфяных отходов для использования в составе строительных материалов.

Проблема потребности в строительных теплоизоляционных материалах и снижения их стоимости решается путем расширения материально-сырьевой базы за счет использования местных природных ресурсов и замены дорогостоящих компонентов менее дорогим сырьем.

Библиографический список

1. Колосова А.С., Пикалов Е.С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на органической основе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 4. С. 74–85.
2. К вопросу о применении торфа в производстве эффективных теплоизоляционных строительных материалов / С.С. Радаев [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. 2018. № 4. С. 83–85.
3. Виталова Н.М. Использование природных материалов Ивановской области для изготовления теплоизоляционных плит // Инженерные и социальные системы: сборник научных трудов института архитектуры, строительства и транспорта ИВГПУ / отв. ред. М.В. Таничев. Иваново: ИВГПУ, 2019. Вып. 4. С. 58–64.
4. Разработка торфодревесной смеси для получения теплоизоляционных строительных материалов на основе кремнийорганических соединений / Л.М. Воропай [и др.] // XI Международный молодеж-

ный форум «Образование. Наука. Производство»: сборник трудов конференции. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019. С. 1093–1099.

5. Козлова Е.С. Экологичные теплоизоляционные материалы // Будущее науки – 2022: сборник научных статей 10-й Международной молодежной научной конференции: в 5 т. Курск: ЮЗГУ, 2022. Т. 4. С. 76–78.

6. Бекк П.А., Яцун И.В. О возможности применения отходов деревообработки для производства теплоизоляционных плит на основе торфа // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XVIII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов / отв. за вып. Л.В. Малютина. Екатеринбург: УГЛТУ, 2022. С. 528–531.

7. Горколыцева Д.С., Копаница Н.О. Торфовермикулитовые смеси для производства теплоизоляционного гранулированного материала // Вестник ТГАСУ. 2021. № 5. С. 93–104.

8. Пехота А.Н., Хрусталева Б.М., Чернюк Н.В. Перспективы использования торфа в производстве строительных материалов // XII Форум вузов инженерно-технологического профиля Союзного государства: сборник научных трудов, г. Минск, 24–27 октября 2023 года. Минск: БНТУ, 2024. С. 157–161.

9. Ефанов М.В., Коньшин В.В., Синицын А.А. Получение композиционных материалов из торфа и древесины методом взрывного автогидролиза // Журнал прикладной химии. 2019. Т. 92. № 1. С. 49–53.

10. Получение теплоизоляционных материалов на основе торфа Тюменской области / М.В. Кудоманов [и др.] // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 2 (33). С. 228–233.

THERMAL INSULATION CONCRETES USING PEAT PROCESSING PRODUCTS

**V.A. Fedotova, T.B. Novichenkova,
M.A. Smirnov, Yu.Yu. Kuryatnikov**

Abstract. *The article discusses thermal insulation concretes using peat processing products, their properties, manufacturing technology and application prospects.*

Keywords: *thermal insulation materials, peat, environmental friendliness, use of peat processing products.*

Об авторах:

ФЕДОТОВА Василиса Алексеевна – бакалавр, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: psktstu@yandex.ru

НОВИЧЕНКОВА Татьяна Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tanovi.69@mail.ru

СМИРНОВ Матвей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: matiu.sm@yandex.ru

КУРЯТНИКОВ Юрий Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

About the authors:

FEDOTOVA Vasilisa Alekseevna – Undergraduate Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: psktstu@yandex.ru

NOVICHENKOVA Tatiana Borisovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tanovi.69@mail.ru

SMIRNOV Matvey Alexandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: matiu.sm@yandex.ru

KURYATNIKOV Yury Yuryevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

УДК 53

РАСЧЕТ И УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

К.А. Халилов, А.С. Двужиллов, А.Д. Киселев

© Халилов К.А., Двужиллов А.С.,
Киселев А.Д., 2026

***Аннотация.** В современной практике строительства и реконструкции все более востребованными становятся методы усиления конструкций с использованием систем внешнего армирования на основе композитных материалов. Эти материалы, главным образом угле- и стеклопластики, дают уникальное сочетание высокой прочности, малого*

веса и коррозионной стойкости. В статье рассмотрены принципы расчета, технологии применения и преимущества данного метода по сравнению с традиционными решениями.

Ключевые слова: композитные материалы, внешнее армирование, углепластик (CFRP), стеклопластик (GFRP), усиление строительных конструкций, расчет конструкций, системы усиления, железобетон, реконструкция зданий, адгезионное соединение, несущая способность.

Введение

Традиционные методы усиления – наращивание сечения бетоном, установка стальных обоев, приварка дополнительных профилей – зачастую сопряжены с существенными недостатками: они значительно увеличивают массу и габариты конструкции, требуют трудоемкого монтажа с применением тяжелой техники, а стальные элементы подвержены коррозии. Системы внешнего армирования на основе полимерных композитов (ПКМ) предлагают принципиально иное решение. Благодаря сочетанию исключительной прочности при малом весе, абсолютной коррозионной стойкости, а также минимальному влиянию на геометрию объекта они стали ключевым инструментом для современной реконструкции, сейсмоусиления и ремонта исторических зданий [1].

Преимущества и типы композитных материалов

Назовем преимущества композитных материалов:

1. Высокая удельная прочность. Углепластик (CFRP) прочнее конструкционной стали в 5–7 раз при плотности в 4–5 раз меньше. Это позволяет увеличить несущую способность без существенного роста нагрузок на основание.

2. Коррозионная и химическая стойкость. Материалы инертны к воздействию влаги, солей, щелочей и кислот, что критически важно для сооружений в агрессивных средах (морских объектов, химических производств, дорожных развязок) [1].

3. Технологичность и скорость монтажа. Работы ведутся практически «всухую», без сварки и «мокрых» процессов. Монтаж часто возможен без остановки эксплуатации объекта.

4. Минимальное воздействие на конструкцию. Не увеличиваются размеры сечения, сохраняется архитектурный облик, не сокращается полезное пространство.

Основные типы материалов для СВА:

1. Углепластик (CFRP). Это ламели (пластины), рулонные ткани и сетки. Углепластик обладает максимальным модулем упругости и прочностью. Применяется для ответственного усиления, где требуется значительное повышение жесткости (балки, плиты, ригели) [2].

2. Стеклопластик (GFRP). Более экономичный материал с меньшим модулем упругости, но высокой деформативностью и ударной вязкостью. Часто применяется для обвязки колонн и усиления элементов, где требуется повышенная пластичность.

3. Базальтопластик (BFRP). Занимает промежуточное положение, обладает повышенной стойкостью к высоким температурам.

Конкретное решение. Для усиления изгибаемых элементов чаще применяют предварительно отвержденные CFRP-ламели толщиной 1,2–1,4 мм, которые наклеиваются на подготовленную поверхность. Для обертывания колонн и усиления на сдвиг эффективны рулонные угле- или стеклоткани, пропитываемые эпоксидным составом непосредственно на объекте [3].

Принципы расчета и конкретные случаи усиления

Расчет определяет необходимую площадь и конфигурацию композитного материала, обеспечивая его совместную работу с существующей конструкцией. Расчет ведется по предельным состояниям на основе реальной прочности основания.

Случаи применения и примеры:

1. Усиление изгибаемых элементов (балок, плит перекрытия).

Задача. Композит работает как дополнительная внешняя растянутая арматура. Ключевая проблема – обеспечение надежного сцепления (адгезии) с бетоном и предотвращение преждевременного отрыва [3].

Пример. Усиление ригеля каркаса офисного здания под увеличенную полезную нагрузку от нового оборудования. Вместо установки подпорок и наращивания сечения снизу, что потребовало бы остановки работы всего этажа, на нижнюю грань ригеля были наклеены три углепластиковые ламели длиной 6 м каждая. Работы велись в нерабочее время, вмешательство в архитектуру и несущие стены отсутствовало. Проектное решение было основано на расчете, учитывающем деформации предварительного нагружения.

2. Усиление сжатых элементов (колонн, стоек, свай).

Задача. Поперечное обертывание создает эффект активного обжатия (подобно обойме), что повышает прочность бетона на сжатие и, что еще важнее, резко увеличивает его пластичность (предельную деформацию). Это особенно критично для сейсмического усиления.

Пример. Сейсмическое усиление колонн в подземном паркинге. Колонны были обернуты двухслойной углеволоконной тканью по всей высоте. Это не только увеличило их несущую способность на 35 %, но и обеспечило необходимое податливое поведение при сейсмическом воздействии, предотвратило хрупкое разрушение. Технология позволила обойтись без увеличения сечения колонн, благодаря чему сохранилось количество парковочных мест.

3. Усиление на сдвиг (консолей, опорных зон балок, стен).

Задача. Вертикальные или наклонные U-образные хомуты из ткани или ламелей берут на себя часть поперечной силы, разгружая бетон и существующую поперечную арматуру.

Пример. Ремонт балконных плит (консолей) жилого дома, у которых была выявлена сетка наклонных трещин у опоры. По торцу и нижней поверхности плит были наклеены U-образные хомуты из высокопрочной стеклоткани с шагом 300 мм. Это решение устранило риск хрупкого сдвигового разрушения и позволило продлить срок эксплуатации плит без их дорогостоящей замены [3].

Технология усиления: основные этапы и контроль качества

Рассмотрим основные этапы и контроль качества технологии усиления:

1. Тщательная подготовка поверхности. Это удаление штукатурки, слабого бетона (например, пескоструйной обработкой до обнажения заполнителя), закругление граней, обеспыливание. Пример: для адгезии прочность бетона основания должна быть не ниже B15. Все трещины шириной более 0,3 мм инъецируются.

2. Раскрой материала и приготовление клея. Композиты режутся в размер. Двухкомпонентный эпоксидный клей тщательно смешивается.

3. Нанесение и приклейка. На поверхность наносится слой клея-пропитки (праймер), затем клей-шпатлевка. Ламель (или ткань) укладывается и прокатывается жестким валиком для удаления воздушных пузырей. Конкретное решение: при наклейке ламелей в несколько слоев или при обертывании колонн используется специальное натяжное оборудование для обеспечения равномерного прилегания и предварительного натяжения.

4. Контроль качества сцепления. Через 24–72 ч проводится неразрушающий контроль (акустический метод простукивания или использование акустического томографа) для выявления возможных несклеенных участков (расслоений) [4].

Заключение

Усиление конструкций композитными материалами представляет собой современный и высокоэффективный метод, особенно востребованный в реконструкции и при адаптации зданий к новым требованиям. Несмотря на высокую стоимость самого материала, общая экономическая эффективность достигается за счет радикального сокращения сроков работ, низких трудозатрат, отсутствия необходимости в усилении фундаментов и минимального вмешательства в архитектуру и эксплуатацию объекта. Долговечность и успех всего мероприятия зависят от трех факторов: грамотного инженерного расчета, учитывающего специфику совместной работы разнородных материалов; качества применяемых систем (материал + клей); неукоснительного соблюдения

технологии производства работ. Будущее направления связано с развитием «интеллектуальных» композитов с датчиками для мониторинга состояния, а также с повышением огнестойкости систем [4].

Библиографический список

1. Есипов С.М. Анализ методик проектирования усиления железобетонных конструкций композитными материалами // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-metodik-proektirovaniya-usileniya-zhelezobetonnyh-konstruktsiy-kompozitnymi-materialami/viewer> (дата обращения: 15.01.2026).

2. Анализ экспериментальных исследований по усилению железобетонных конструкций полимерными композитными материалами. Часть 1. Отечественные эксперименты при статическом нагружении / И.И. Овчинников [и др.] // Интернет-журнал «Науковедение». Т. 8. № 3 (май-июнь). 2016. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-eksperimentalnyh-issledovaniy-po-usileniyu-zhelezobetonnyh-konstruktsiy-polimernymi-kompozitnymi-materialami-chast-1/viewer> (дата обращения: 15.01.2026).

3. Крикунов Д.Ю. Усиление строительных конструкций композитными материалами // ScienceForum. 2020. URL: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013006330> (дата обращения: 15.01.2026).

4. СП 164.1325800.2014 «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования». URL: <https://ozkm40.ru/userfiles/ufiles/docs/9.%20sp164.1325800.2014.pdf> (дата обращения: 15.01.2026).

CALCULATION AND STRENGTHENING OF BUILDING STRUCTURES USING COMPOSITE MATERIALS

K.A. Khalilov, A.S. Dvuzhilov, A.D. Kiselyov

Abstract. *In modern construction and renovation practices, methods of structural reinforcement using external reinforcement systems based on composite materials are becoming increasingly popular. These materials, primarily carbon and glass fiber composites, offer a unique combination of high strength, low weight, and corrosion resistance. This article explores the principles, applications, and advantages of this method compared to traditional solutions.*

Keywords: *composite materials, external reinforcement, carbon fiber reinforced polymer (CFRP), glass fiber reinforced polymer (GFRP), strengthening of building structures, structural calculation, strengthening systems, reinforced concrete, building reconstruction, adhesive bonding, load-bearing capacity.*

Об авторах:

ХАЛИЛОВ Кирилл Альбертович – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: kirill.khalilov.0606@mail.ru

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

КИСЕЛЕВ Алексей Дмитриевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

About the authors:

KHALILOV Kirill Albertovich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kirill.khalilov.0606@mail.ru

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

KISELYOV Alexey Dmitrievich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

УДК 624.012.45

АРМИРОВАНИЕ БЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

А.Е. Цыганов, А.С. Двужилов, А.Д. Киселев

© Цыганов А.Е., Двужилов А.С.,
Киселев А.Д., 2026

***Аннотация.** Статья посвящена теме армирования бетонных плит перекрытия: сути, предназначению, вариантам. Рассмотрены основные моменты, оказывающие влияние на цели и методы.*

***Ключевые слова:** армирование, бетонные плиты перекрытия, бетон, конструкция, арматура, слой, сетка.*

Армирование бетонных плит перекрытия – это важный и ответственный процесс, который предполагает укладку в толщу бетона каркаса из металлических прутьев, имеющих толщину от 8 до 12 мм. Данный этап строительства является ключевым для обеспечения прочности и долговечности всей конструкции, поскольку именно от качества

армирования зависит способность плиты выдерживать различные нагрузки, возникающие в процессе эксплуатации. При армировании используется специальная арматурная проволока, которая имеет насечки. Эти насечки играют важную роль, так как они обеспечивают более прочное и надежное сцепление с бетонной частью конструкции, что позволяет распределять нагрузки более равномерно и предотвращать появление трещин [1].

Правильное армирование критически важно для предотвращения возможных деформаций и разрушений плит перекрытия под воздействием различных нагрузок, таких как вес самого перекрытия, мебель, оборудование и даже динамические нагрузки, возникающие при движении людей и техники. Если армирование выполнено неправильно или недостаточно качественно, это может привести к серьезным последствиям, включая трещины, прогибы и даже обрушение конструкции. Поэтому важно следовать установленным стандартам и рекомендациям при проведении армирования.

Стоит также отметить, что выбор типа арматуры и ее расположение в плите перекрытия зависят от конкретных условий эксплуатации и проектных требований. В некоторых случаях может потребоваться использование дополнительных элементов, таких как стержни с различным диаметром или специальные сетки, которые обеспечивают еще большую прочность и устойчивость конструкции. Важно учитывать факторы, такие как климатические условия и тип грунта, на котором возводится здание, поскольку они могут влиять на долговечность и надежность армирования.

Таким образом, грамотное армирование бетонных плит перекрытия является неотъемлемой частью строительного процесса. Оно требует внимательного подхода и профессионального исполнения для достижения высоких стандартов качества и безопасности. Только при условии правильного выполнения всех этапов армирования можно гарантировать долговечность и надежность всей конструкции в целом.

В зависимости от решаемой задачи монолитная плита может формироваться в нескольких типовых вариантах конструкции металлической сетки, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества:

1. Однослойное армирование – это метод, который применяется при изготовлении бетонных плит перекрытия, где используется только один слой арматурной сетки. Данный подход обычно выбирается для конструкций, не подверженных значительным механическим нагрузкам (перегородки, легкие покрытия или небольшие элементы зданий).

Основной задачей однослойного армирования является обеспечение необходимой прочности и устойчивости к трещинообразованию в бетоне. Арматурная сетка состоит из металлических прутков, которые имеют

рифленую поверхность для лучшего сцепления с бетоном. Обычно используются прутки диаметром от 8 до 12 мм, которые укладываются в одном слое на основе заранее рассчитанных параметров нагрузки.

Процесс укладки однослойной арматуры включает несколько этапов. Сначала производятся разметка и подготовка основания, затем устанавливаются специальные пластиковые проставки, которые обеспечивают необходимое расстояние между арматурой и нижней частью плиты. Это важно для защиты арматуры от воздействия влаги и коррозии. После этого прутки укладываются в соответствии с проектом, и их соединяют между собой с помощью вязальной проволоки [2].

Однослойное армирование является более простым и экономичным вариантом по сравнению с многослойным, однако оно имеет свои ограничения. Плиты с таким армированием не предназначены для значительных нагрузок и могут быть подвержены деформациям при воздействии внешних факторов, поэтому данный метод чаще всего используется в ситуациях, где нагрузки минимальны, а требования к прочности не столь высоки.

В целом однослойное армирование является эффективным решением для легких конструкций.

2. Двухслойное армирование сеткой – это метод, используемый в строительстве для повышения прочности и долговечности бетонных конструкций. Данный подход предполагает укладку двух слоев арматурной сетки, что обеспечивает более равномерное распределение нагрузок и улучшает устойчивость к трещинообразованию. Двухслойное армирование часто применяется в конструкциях, подвергающихся значительным механическим нагрузкам (плиты перекрытия, фундаменты и стеновые панели).

Процесс укладки двухслойной арматуры начинается с подготовки основания. Сначала устанавливаются пластиковые проставки, которые обеспечивают необходимую высоту между первым слоем арматуры и нижней частью бетонной конструкции. Затем укладывается первый слой арматурной сетки, который соединяется между собой с помощью вязальной проволоки. После этого устанавливается второй слой арматуры, который располагается на определенной высоте над первым слоем (также с использованием проставок).

Одним из основных преимуществ двухслойного армирования является его способность эффективно противостоять изгибу и сжимающим усилиям. Это особенно важно для конструкций, подверженных динамическим нагрузкам (например, в зданиях с высокой проходимостью или на промышленных объектах). Два слоя арматуры создают жесткую структуру, которая значительно снижает риск трещинообразования и разрушения бетона.

Здесь стоит отметить, что двухслойное армирование требует большего количества материалов и трудозатрат по сравнению с однослойным методом. Это может увеличить общую стоимость проекта. Тем не менее преимущества в виде повышения прочности и долговечности зачастую оправдывают эти затраты, особенно в условиях, где надежность конструкции имеет первостепенное значение. В итоге двухслойное армирование сеткой является эффективным решением для создания прочных и устойчивых бетонных конструкций [3].

3. Монолитные сборные плиты перекрытия – это конструктивный элемент, который сочетает в себе преимущества как монолитного, так и сборного строительства. Они представляют собой железобетонные плиты, которые могут быть изготовлены на заводе и затем смонтированы на строительной площадке. Такой подход позволяет значительно ускорить процесс возведения зданий и улучшить качество конструкций.

Процесс производства монолитных сборных плит начинается с создания формы, в которую заливается бетон с добавлением арматуры. Арматура используется для повышения прочности плит на изгиб и сжатие. Плиты могут быть различных размеров и форм в зависимости от проектных требований. После отверждения бетона плиты транспортируются на строительную площадку, где они устанавливаются на заранее подготовленные опоры.

Одним из главных преимуществ монолитных сборных плит является скорость их монтажа. Плиты могут быть установлены за короткий срок, что значительно сокращает общее время строительства. Поскольку плиты изготавливаются на заводе, можно обеспечить высокое качество бетона и точность размеров. Это уменьшает вероятность ошибок при монтаже и улучшает общую надежность конструкции. Использование арматуры в сочетании с бетоном позволяет создавать более легкие и тонкие конструкции, что сокращает расход материалов и снижает общую массу здания. Можно сэкономить на фундаменте и других элементах конструкции.

Монолитные сборные плиты обладают высокой прочностью и могут выдерживать значительные нагрузки. Это делает их идеальными для использования в многоэтажных зданиях и на промышленных объектах. Плиты могут быть изготовлены с различными характеристиками, такими как звукоизоляция или теплоизоляция, что дает возможность адаптировать их под конкретные условия эксплуатации. Благодаря высокой прочности и долговечности монолитные сборные плиты требуют минимального ухода и ремонта, благодаря чему снижаются эксплуатационные расходы [4].

В результате монолитные сборные плиты перекрытия являются эффективным решением для современных строительных проектов. Их использование позволяет значительно ускорить процесс возведения зданий, улучшить качество конструкций и сократить затраты на материалы

и обслуживание, что делает плиты популярными как в жилом, так и в коммерческом строительстве, обеспечивает надежность и долговечность построек.

Основная цель армирования монолитных плит перекрытия заключается в повышении степени устойчивости к изгибам и другим механическим воздействиям. За счет этого можно увеличить срок службы плит и уменьшить риск их разрушения под воздействием внешних факторов. Некоторые правила армирования следует соблюдать строго:

1. Связывание арматуры выполняется только вязальной проволокой с использованием специального инструмента. Это гарантирует надежность соединений и предотвращает их расхождение в процессе заливки бетона.

2. При необходимости соединения прутьев арматуры друг с другом также применяется вязальная проволока. При этом нахлест двух прутков должен составлять не менее 40 диаметров используемой арматуры. Данное условие критически важно для обеспечения прочности соединений.

3. Для соблюдения требуемого расстояния до нижнего края железобетонной конструкции используются специальные пластиковые проставки. Это исключает возможность попадания на арматуру влаги и доступа к ней воздуха, что может привести к коррозии и другим повреждениям [5].

4. При создании армирующего каркаса используется только неповрежденная арматура с соответствующим рифлением, которая не имеет следов деформаций и коррозии. Это обеспечивает долговечность и надежность конструкции.

5. При укладке арматурного каркаса не допускается использование сварки как при формировании ячеек сетки, так и при соединении прутков между собой для их удлинения. Сварка может ослабить арматуру и привести к ее разрушению под нагрузкой.

Соблюдение всех указанных правил и рекомендаций позволит создать надежную и долговечную конструкцию бетонных плит перекрытия, способную выдерживать значительные механические нагрузки и обеспечивать безопасность эксплуатации зданий [6].

Библиографический список

1. Петров С.И. Расчет и конструирование железобетонных плит перекрытия. М.: Стройиздат, 2010. 312 с.
2. Иванов А.В., Сидоров Б.П. Армирование плит перекрытия: теория и практика. СПб.: Питер, 2015. 256 с.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. М.: Минстрой России, 2018. 184 с.
4. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. 79 с.

5. Кузнецова Н.В., Морозов Е.А. Современные материалы и технологии армирования плит перекрытия // Строительные материалы. 2019. № 6. С. 34–42.

6. Коваленко В.А., Двужилов А.С. Расчеты на ударную вязкость и их применение в расчетах строительных конструкций // Теоретические исследования и экспериментальные разработки студентов и аспирантов: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Тверь, 12 февраля 2025 года: в 2 ч. / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2025. Ч. 2. С. 104–107.

REINFORCEMENT OF CONCRETE FLOOR SLABS

A.E. Tsyganov, A.S. Dvuzhilov, A.D. Kiselyov

Abstract. *The article is devoted to the topic of reinforcing concrete floor slabs: the essence, purpose, and options. The main points that affect the goals and methods are considered.*

Keywords: *reinforcement, concrete floor slabs, concrete, structure, rebar, layer, mesh.*

Об авторах:

ЦЫГАНОВ Арсений Евгеньевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: arsenbro0833@gmail.com

ДВУЖИЛОВ Антон Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

КИСЕЛЕВ Алексей Дмитриевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

About the authors:

TSYGANOV Arseniy Evgenievich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: arsenbro0833@gmail.com

DVUZHILOV Anton Sergeevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Resistance of Materials, Theory of Elasticity and Plasticity, Tver State Technical University, Tver. E-mail: anton_in_tver@mail.ru

KISELYOV Alexey Dmitrievich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: alexbasketball31@gmail.com

СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

С.Г. Яковлев, К.А. Богданов,
С.Л. Субботин, Т.Р. Баркая

© Яковлев С.Г., Богданов К.А.,
Субботин С.Л., Баркая Т.Р., 2026

Аннотация. В данной статье представлен обзор основных способов усиления металлических конструкций, применяемых в условиях ремонта и реконструкции зданий и сооружений с металлическим несущим каркасом.

Ключевые слова: металлические конструкции, усиление, увеличение сечения, изменение расчетной схемы, реконструкция.

Введение

Металлические конструкции широко применяются в гражданском и промышленном строительстве благодаря высокой прочности, технологичности и длительному сроку эксплуатации.

Тем не менее в процессе эксплуатации возникают и развиваются повреждения конструкций, которые являются следствием нарушений правил технической эксплуатации, ошибок, допущенных при проектировании. Характерными повреждениями, влияющими на работоспособность и эксплуатационную пригодность конструкций, выступают разрушения защитных покрытий и коррозия металла; разрывы и трещины в основном металле и швах; искривления; местные погибы; коробления; демонтаж отдельных элементов; абразивный износ; деформации, вызванные перегрузками, кренами фундаментов, неравномерными осадками. Описанные выше повреждения ведут к снижению несущей способности, поэтому возникает необходимость выполнения работ по их усилению для восстановления эксплуатационных характеристик отдельных элементов, обеспечения механической безопасности здания и предотвращения аварийных ситуаций. Кроме того, необходимость усиления металлических конструкций может возникать при реконструкции, которая ведет к увеличению эксплуатационных нагрузок, изменению технологического процесса в промышленных зданиях.

Основными подходами при усилении металлических конструкций являются увеличение сечения отдельных элементов и изменение расчетной схемы [1].

Усиление металлических конструкций за счет увеличения поперечного сечения производится путем присоединения дополнительных элементов. Совместная работа усиливаемого сечения и элементов усиления

обеспечивается путем формирования сварного или болтового соединения. В то же время усиление металлических конструкций посредством изменения расчетной схемы отдельных элементов в некоторых случаях является очень эффективным, так как позволяет перераспределить усилия между элементами. При проектировании усиления конструкций вторым способом следует учитывать, что применение данного метода может повлечь за собой необходимость усиления не только отдельных элементов, но и узлов их сопряжения.

Оценка технического состояния, обследование конструкций

Проектирование усиления стальных конструкций – это сложный и многоэтапный процесс, требующий тщательного и всестороннего анализа технического состояния объекта. Ключевым этапом является детальное техническое обследование, результаты которого лежат в основе всей дальнейшей проектной деятельности. Данное обследование не ограничивается простым визуальным осмотром, а представляет собой комплексную процедуру, включающую в себя несколько взаимосвязанных стадий, каждая из которых имеет свои специфические задачи и методики выполнения [2].

Начальный (подготовительный) этап включает в себя разработку подробной рабочей программы, которая определяет цели, задачи, методологию и сроки проведения обследования. Этот этап критически важен, поскольку от его тщательности зависит эффективность последующих работ. Программа должна содержать четкое описание объекта исследования, включая его назначение, историю эксплуатации, известные дефекты и повреждения, а также описание предполагаемых нагрузок. Следующим шагом является непосредственное знакомство с объектом на месте, что позволяет получить наглядное представление о его состоянии, а также уточнить параметры, указанные в исходных данных. Наконец, на подготовительном этапе формируется техническое задание на проведение обследования, в котором детализируются все необходимые работы и устанавливаются требования к объему данных в заключении.

Следующий этап – основные полевые работы. Данный этап, пожалуй, наиболее трудоемкий и важный. Он включает в себя детальные обмерные работы, в которых используются современные геодезические приборы, обеспечивающие точное определение геометрических параметров конструкций. Особое внимание уделяется обнаружению и фиксации дефектов и повреждений стальных элементов. Каждый дефект тщательно документируется: описывается его характер, размеры, расположение, а также делается качественная фотофиксация, позволяющая впоследствии объективно оценить масштабы повреждений. Вся собранная информация заносится в специальные ведомости дефектов и повреждений, которые служат основой для дальнейшего анализа.

На последнем этапе на основе всех собранных данных составляется подробное заключение о техническом состоянии конструкций. В этом заключении подробно описывается состояние элементов конструкций, указываются выявленные дефекты и повреждения, оценивается их влияние на несущую способность, а также дается обоснованный вывод о возможности дальнейшей эксплуатации объекта в существующем виде или о необходимости проведения ремонтных работ или работ по усилению. Этот этап также включает в себя определение действующих и прогнозирование будущих нагрузок на конструкции, что является основой для выбора эффективных методов усиления. Для более точного определения механических свойств материалов, используемых в конструкциях, могут быть проведены лабораторные испытания образцов. Результаты испытаний, наряду с данными обследования, используются для выполнения поверочных расчетов, которые подтверждают эффективность выбранного метода усиления и обеспечивают безопасность эксплуатации объекта после проведения работ.

Объем обследования напрямую зависит от множества факторов. Наличие полной и достоверной технической и эксплуатационной документации значительно сокращает время и трудозатраты. Состояние и степень поврежденности конструкций также играют решающую роль. Сильно поврежденные конструкции требуют более тщательного и детального обследования в сравнении с конструкциями в хорошем состоянии. Наконец, объем работ зависит от намеченного комплекса работ по усилению: чем масштабнее запланированные работы, тем более детальным должно быть обследование. В целом процесс обследования конструкций – это сложная инженерная задача, требующая комплексного подхода и высококвалифицированных специалистов, способных обеспечить безопасность и долговечность объекта.

Усиление путем увеличения сечения

При усилении элементов путем увеличения сечения следует учитывать условия работы усиливаемого элемента, нагрузки, действующие на элемент на момент обследования, и планируемые в будущем дополнительные нагрузки.

В случае усиления изгибаемых элементов (балок) путем увеличения сечения самым рациональным решением будет располагать элементы симметрично (или близко к симметричному порядку) и по возможности дальше от центра тяжести усиливаемого сечения. Схемы усиления для двутавровых балок приведены на рис. 1 [2].

При условии опирания настила по верхнему поясу усиливаемой балки более рациональными будут схемы «в»–«и» (рис. 1), усиление по схеме «з» актуально только при использовании упругопластической стадии работы элемента. В остальных случаях более целесообразна схема усиления «и», позволяющая значительно увеличить высоту сечения, что

оказывает сильное влияние на геометрические характеристики сечения. При усилении составных сварных балок с поперечными ребрами жесткости на основе использования схем «в»–«г» требуется либо вырезка ребер, либо подгонка элементов усиления, а это существенно увеличивает трудоемкость выполнения работ по усилению. Таким образом, более подходящими в данном случае будут схемы «д» и «е».

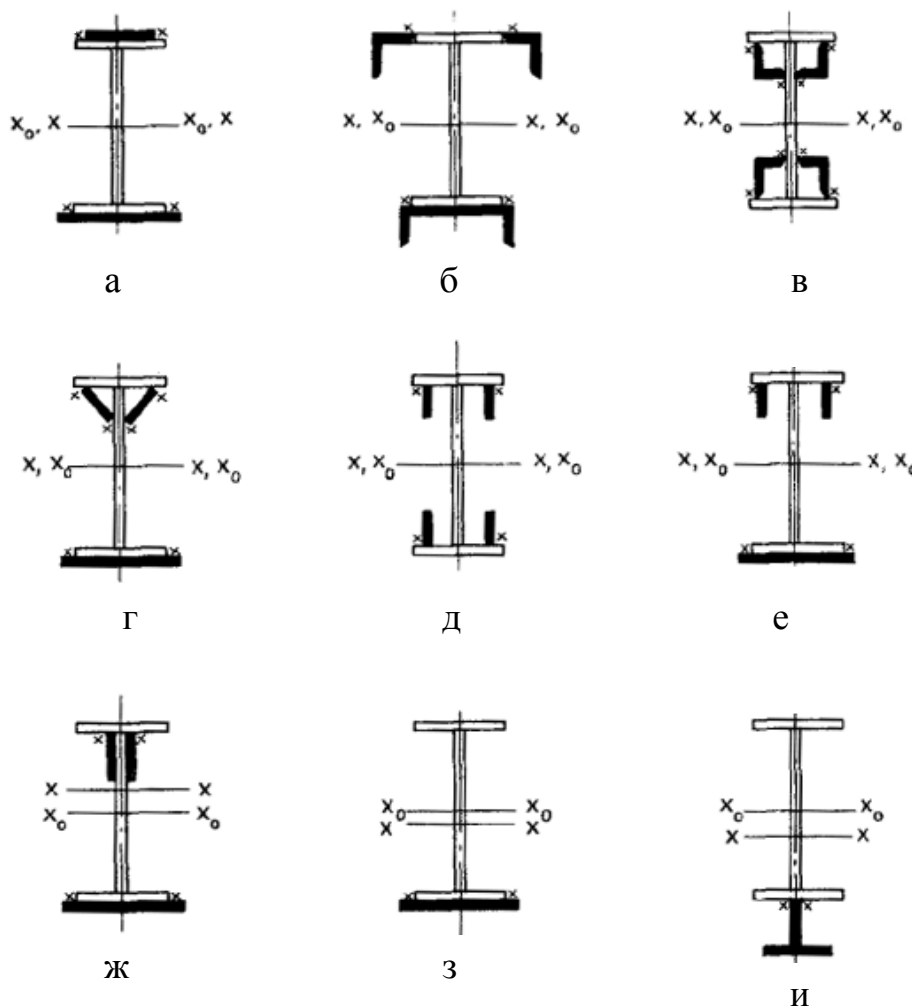


Рис. 1. Схемы усиления балок двутаврового сечения путем увеличения сечения: а – плоскими элементами; б, в – прокатными профильными элементами; г–ж – ламелями; з, и – несимметричными усилениями [2]

Если при увеличении нагрузок, действующих на балку, не обеспечивается прочность стенки на срез или ее устойчивость, то можно установить дополнительные поперечные или наклонные ребра. Наклонные ребра могут проектироваться как с пригонкой к поясам, так и без пригонки. В первом случае такие ребра значительно снижают касательные напряжения в стенке, а во втором служат только для обеспечения местной устойчивости стенки.

При усилении стержней стропильных ферм путем увеличения сечения следует стремиться к сохранению центровки в узлах ферм, чтобы избежать возникновения дополнительных изгибающих моментов и напряжений. В случае усиления сжатых стержней рациональны схемы, при которых наиболее существенно увеличивается радиус инерции усиляемого сечения, при этом элементы усиления позволяют не заводить на фасонки при условии обеспеченности прочности неусиленного сечения. Элементы усиления растянутых стержней заводят на фасонки на длину, достаточную для передачи части усилия, воспринимаемой элементами усиления. Варианты схем усиления для стержней ферм из спаренных уголков представлены на рис. 2.

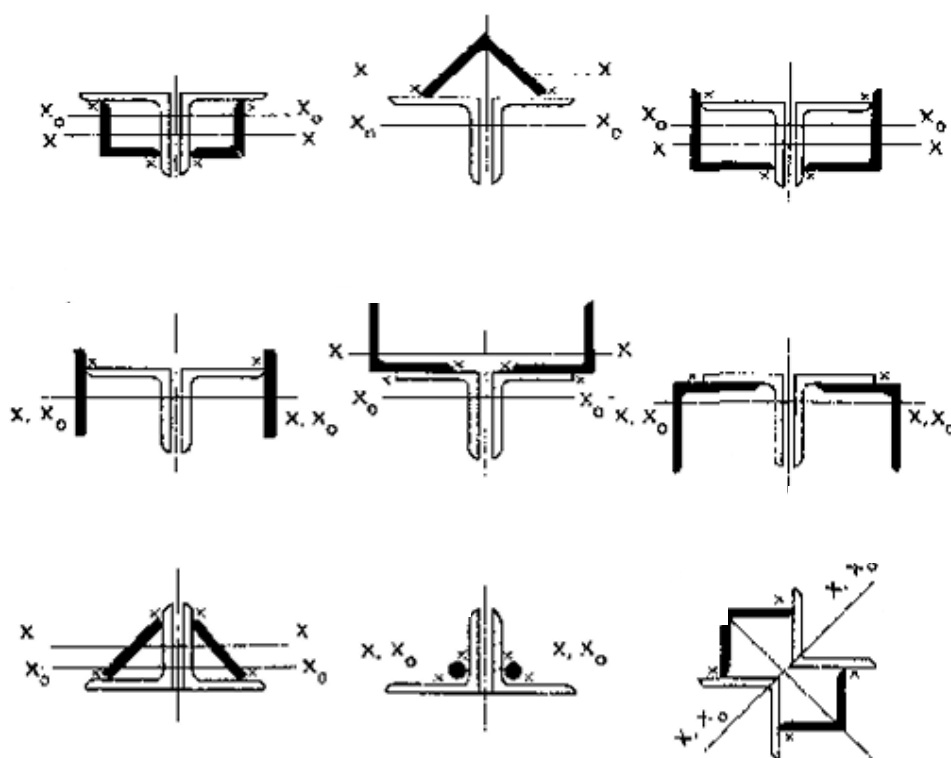


Рис. 2. Схемы усиления стержней ферм путем увеличения сечения [2]

При усилении колонн путем увеличения сечения используют, как правило, симметричные и несимметричные схемы. В целом необходимость усиления колонн возникает обычно при значительном увеличении нагрузок в результате реконструкции, значительного коррозионного износа сечения, серьезных локальных повреждений. Кроме того, усиление колонн в основном происходит под нагрузкой ввиду сложности их разгрузки. В основном именно это и определяет выбор способа усиления.

При усилении центрально-сжатых стоек и колонн наиболее рационально использовать симметричные схемы усиления, что обеспечивает минимальное смещение положения центра тяжести относительно линии

действия усилия. Напротив, при усилении внецентренно-сжатых колонн и стоек используются несимметричные схемы усиления, смещающие центр тяжести усиленного сечения в сторону действия момента.

Принимая решение о выборе способа усиления колонн, необходимо учитывать условия, затрудняющие выполнение соответствующих работ. Возможные схемы усиления колонн и стоек представлены на рис. 3.

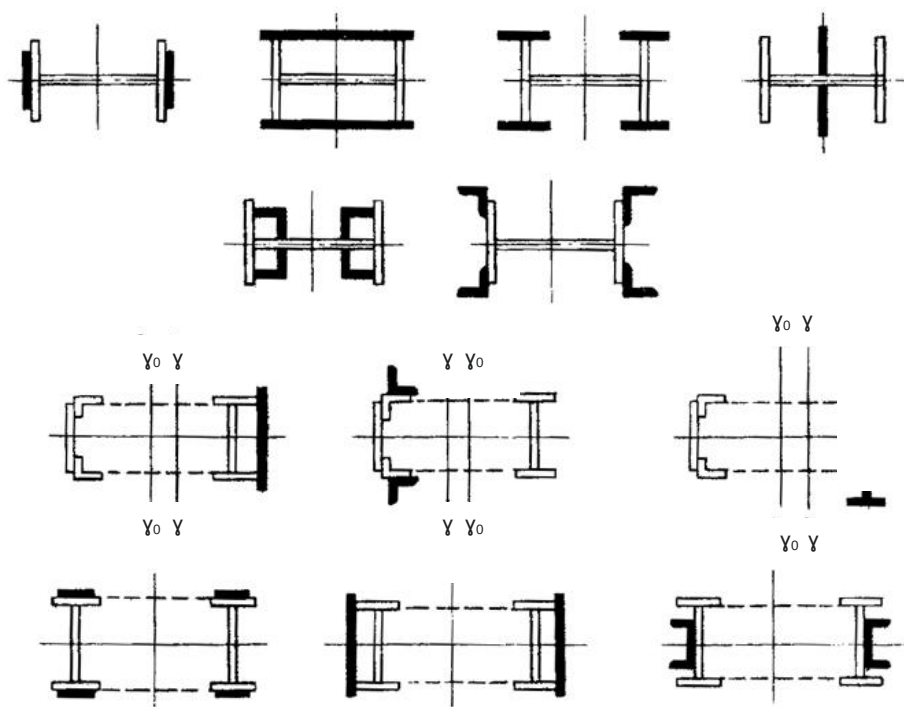


Рис. 3. Схемы усиления колонн и стоек путем увеличения сечения [2]

Усиление путем изменения расчетной схемы

Усиление путем изменения расчетной схемы – это подход, который может быть крайне эффективным. Он способствует изменению первоначальной расчетной схемы конструкции, ее напряженного состояния, увеличивает пространственную жесткость каркаса в целом, усиливая эффект пространственной работы. Грамотное использование данного подхода позволяет повышать несущую способность отдельных элементов в разы, однако следует помнить, что из-за перераспределения усилий может возникнуть необходимость усиления смежных конструкций, узлов сопряжения [3, 4].

Усиление балок путем изменения расчетной схемы может производиться разнообразными способами (например, путем превращения неразрезной балки в разрезную, что требует доступа к узлам сопряжения). Кроме того, усиление балок производят путем установки дополнительных подкосов, что возможно при наличии свободного пространства под

балками в пролете. При наличии свободного места в пролете эффективными могут быть также схемы с установкой одно- или двустоечного шпренгеля, однако при использовании таких систем следует обеспечивать раскрепление элементов усиления из плоскости. Также крайне эффективным способом усиления может быть подведение дополнительных стоек, передающих нагрузки на основание.

Во всех случаях усиления путем изменения расчетной схемы необходимо использовать методы регулирования усилий для включения в работу элементов усиления. Схемы усиления балок путем изменения их расчетной схемы представлены на рис. 4.

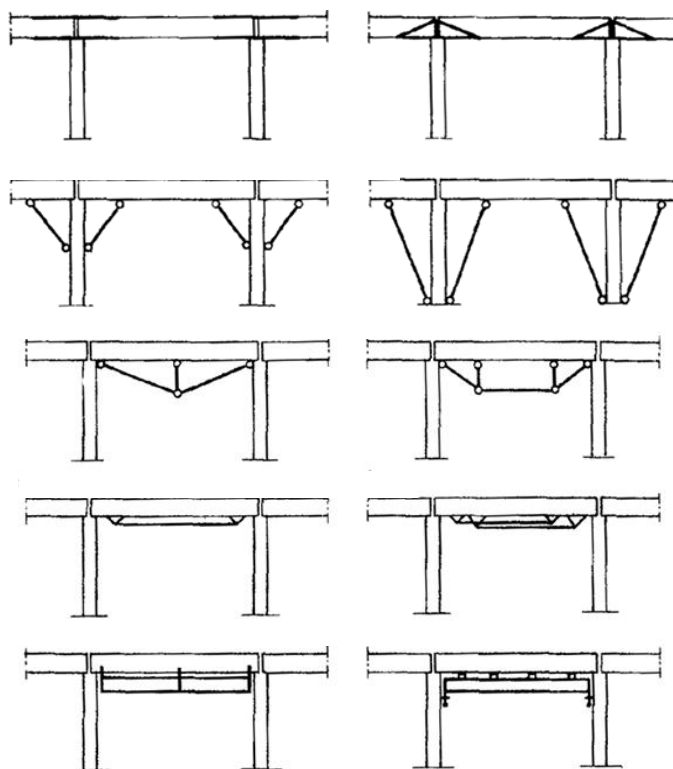


Рис. 4. Возможные схемы усиления балок путем изменения их расчетной схемы [2]

Обычно при усилении стропильных ферм путем изменения конструктивной схемы параллельно производится усиление отдельных стержней за счет увеличения сечения. Возможные схемы представлены на рис. 5.

Можно уменьшить расчетные длины стержней верхнего пояса установкой дополнительных шпренгелей в плоскости фермы, что не уменьшает их расчетные длины из плоскости. При этом, как правило, требуется усиление растянутых стержней ферм (рис. 5а).

Расчетную длину из плоскости ферм можно снизить применением схемы «и» на рис. 5.

Превращение разрезных стропильных ферм в неразрезные путем устройства стыков на колоннах может быть очень эффективно (рис. 5б, в), но использование такой схемы становится целесообразно только при трех пролетах и более (рис. 5в).

Можно включить в совместную работу с фермами конструкцию фонаря при его наличии (рис. 5г). Это требует усиления элементов конструкции фонаря, а эффективность такого решения зависит от ширины фонаря. Целесообразно применение схемы (рис. 5д), если производство работ внутри здания затруднено.

Усиление ферм можно также производить установкой затяжек по нижнему поясу или установкой одно- или двустоечного шпренгеля. Это рационально при использовании высокопрочных канатов в качестве элементов усиления (рис. 5е–з).

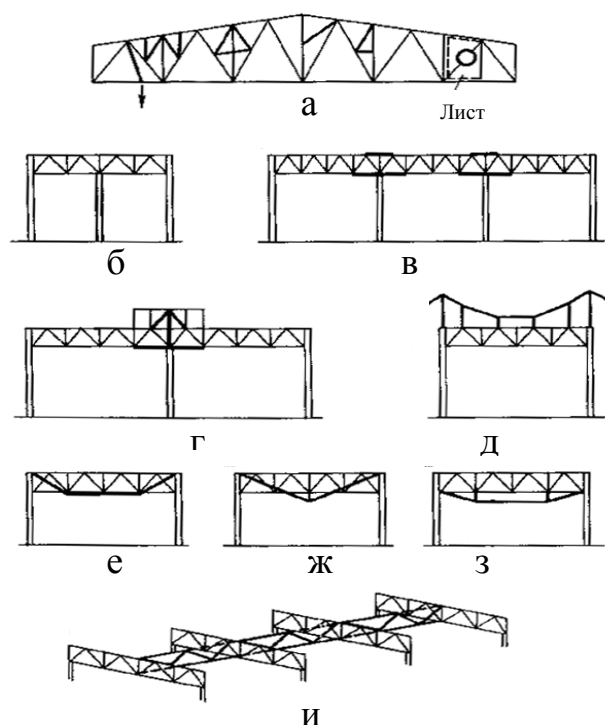


Рис. 5. Варианты схем усиления стропильных ферм путем изменения расчетной схемы: а – введением дополнительных элементов решетки; б–д – изменением условий закрепления за счет введения дополнительных опор; е–з – установкой шпренгелей; и – установкой связей из плоскости фермы [5]

Применение продольных распределительных систем (рис. 6а) может быть рационально при необходимости установки новых подвесных кранов. Распределительные системы – продольные вертикальные связевые фермы, горизонтальные продольные связи в плоскости нижних поясов ферм покрытия. Данные системы включают в работу на восприятие возникающих локальных нагрузок соседние стропильные фермы, позволяют повысить

жесткость каркаса в целом и косвенно приводят к усилению колонн. Кроме того, установка дополнительных продольных связей позволяет повысить надежность ферм из кипящих сталей или эксплуатирующихся при отрицательных температурах.

Для зданий длиной до 90 м в дополнение к устройству распределительных систем (горизонтальных связей по нижним поясам ферм) эффективно формировать жесткий связевой фахверк в торцах, что позволяет уменьшить влияние горизонтальных усилий (ветра, крановых нагрузок) на каркас, повысить жесткость каркаса в 1,5–2 раза и уменьшить усилия в колоннах. (рис. 6б).

Путем постановки дополнительных распорок и ригелей можно уменьшить расчетные длины колонн из плоскости рамы и их гибкость, благодаря чему их несущая способность увеличится на 10–30 % (рис. 6в), а установкой подкосов можно уменьшить расчетные длины колонн в плоскости рамы.

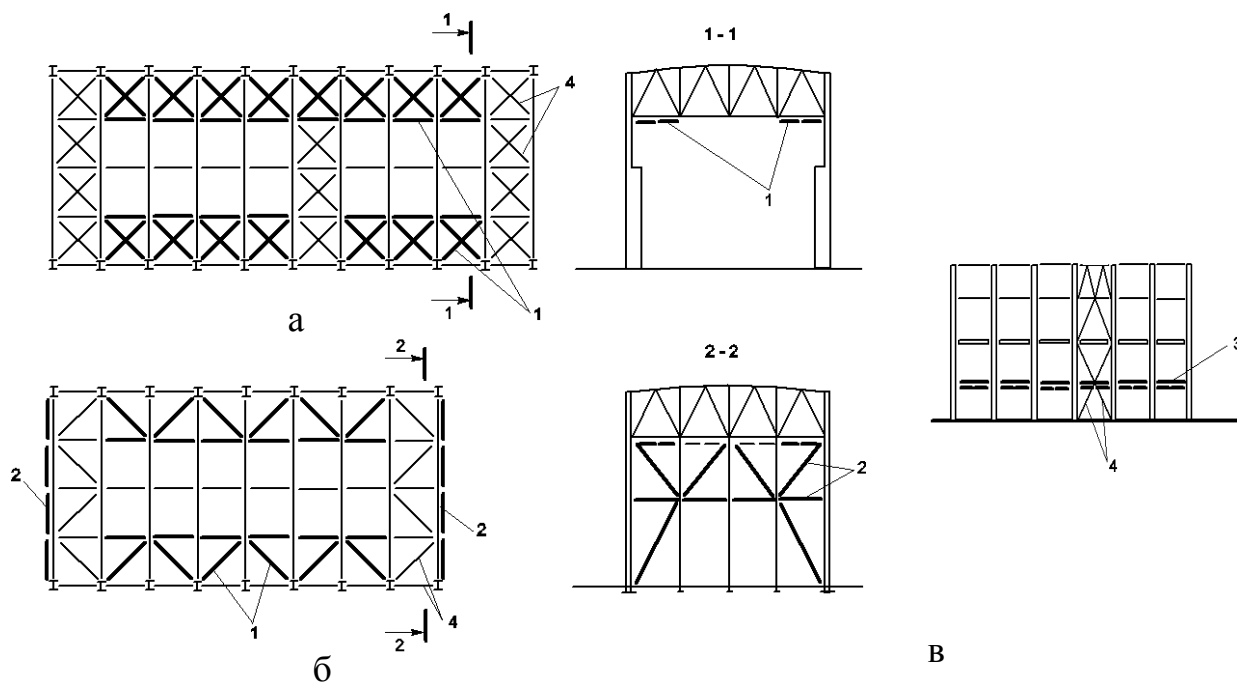


Рис. 6. Усиление конструкций постановкой дополнительных связей [5]:

- а – постановка новых связей; б – постановка новых связей с устройством жесткого торцевого фахверка;
- в – постановка дополнительных связей (распорок) по колоннам;
- 1 – дополнительные горизонтальные продольные связи;
- 2 – связи по торцевому фахверку стен;
- 3 – дополнительные распорки; 4 – существующие связи

Регулирования усилий в сжато-изогнутых элементах каркаса и в колоннах можно добиться за счет введения шарниров в существующую

схему. Это может уменьшить напряжения в усиливаемых конструкциях. При применении такого способа регулирования напряжений следует учитывать, что увеличивается расчетная длина усиливаемого элемента.

Заключение

Усиление металлических конструкций является важной задачей, решение которой позволяет обеспечить надежность и безопасность зданий, находящихся в эксплуатации. Выше были рассмотрены основные способы усиления металлических конструкций, которые применяются уже много лет и позволяют эффективно восстанавливать несущие и эксплуатационные характеристики конструкций, а также адаптировать конструкции под новые условия эксплуатации. Выбор оптимального способа усиления, основанный на результатах технического обследования, дает возможность продлить срок службы давно эксплуатируемых объектов, требующих реконструкции. Практическое применение изложенных подходов к усилению требует профессионального подхода, точных расчетов и соблюдения строительных норм.

Библиографический список

1. Бельский М.Р. Усиление металлических конструкций под нагрузкой. Киев: Будівельник, 1975. 120 с.
2. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81*). 1975. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294853/4294853984.pdf> (дата обращения: 26.03.2026).
3. Михайлов В.В. Расчет усиления стальных строительных конструкций: учебное пособие. Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2007. 80 с.
4. Ребров И.С. Усиление стержневых металлических конструкций: проектирование и расчет. Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1988. 288 с.
5. Валь В.Н., Горохов Е.В., Уваров Б.Ю. Усиление стальных каркасов одноэтажных производственных зданий при их реконструкции. М.: Стройиздат, 1987. 220 с.

METHODS OF STRENGTHENING METAL STRUCTURES

**S.G. Yacovlev, K.A. Bogdanov,
S.L. Subbotin, T.R. Barkaya**

Abstract. *This article presents an overview of the main methods of strengthening metal structures used in the repair and reconstruction of buildings and structures with a metal load-bearing frame.*

Keywords: *metal structures, strengthening, cross-section enlargement, modification of the structural scheme, reconstruction.*

Об авторах:

ЯКОВЛЕВ Сергей Геннадьевич – старший преподаватель кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: yakovlev-tv@mail.ru

БОГДАНОВ Кирилл Алексеевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: kirill.bogdanov.2002@mail.ru

СУББОТИН Сергей Львович – доктор технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, профессор, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sbtn@yandex.ru

БАРКАЯ Темур Рауфович – кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: btrs@list.ru

About the authors:

YACOVLEV Sergey Gennadievich – Senior Lecturer of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, Tver. E-mail: yacovlev-tv@tstu.tver.ru

BOGDANOV Kirill Alexeevich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kirill.bogdanov.2002@mail.ru

SUBBOTIN Sergey Lvovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structures and Constructions, Professor, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sbtn@yandex.ru

BARKAYA Temur Raufovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, Tver. E-mail: btrs@list.ru

УДК 692.058

УСИЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СЕКЦИИ ЗДАНИЯ ЗАВОДА ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**С.Г. Яковлев, К.А. Богданов,
С.Л. Субботин, Т.Р. Баркая**

© Яковлев С.Г., Богданов К.А.,
Субботин С.Л., Баркая Т.Р., 2026

***Аннотация.** В статье представлены результаты оценки возможности усиления вертикальных несущих конструкций путем изменения расчетной схемы при необходимости изыскания резервов несущей способности. Проведен анализ возникающих критических*

факторов и динамики их изменения после выполнения усиления.

Ключевые слова: *металлические конструкции, усиление, изменение расчетной схемы, реконструкция.*

Введение, информация об объекте исследования

Объектом исследования была выбрана секция здания корпуса на территории завода по производству антифризов, стеклоомывающих жидкостей и тосола.

Обследуемое здание одноэтажное, прямоугольной формы в плане, состоит из трех температурных секций. Габаритные размеры рассматриваемой секции в осях 1–13/Б–Г – 21,2 м × 71,7 м. Ориентация здания производственного корпуса по длинной стороне с востока на запад.

Рассматриваемая секция представляет собой одноэтажное двухпролетное промышленное здание. Пролет в осях Б–В равен 9 м, в осях В–Г – 12 м, шаг рам в продольном направлении составляет 6 м. Отметка верха колонн по осям В–Г равна +7,000, по оси Б +4,470. Секция здания решена по рамно-связевой схеме: требуемая жесткость каркаса в поперечном направлении обеспечивается работой рам, в продольном направлении – связями.

Стропильные конструкции покрытия выполнены в виде:

трапециевидных полигональных ферм с сечением элементов из уголков 75 × 6 мм, 63 × 5 мм ГОСТ 8509 (в осях 1–6/В–Г);

балок из двутавров № 45Б2 ГОСТ 26020 (в осях 7–13/В–Г);

балок коробчатого сечения из швеллеров № 24П ГОСТ 8240 (в осях 1–9/Б–В) и двутавров № 30Б2 (в осях 10–13/Б–В).

Вид сечения колонны:

по оси Б – коробчатого сечения, из швеллеров № 20П, 22П, 24П ГОСТ 8240;

по оси В, Г – из двутавров № 26Ш2 (в осях 7–13/В–Г) и 30Б2 (в осях 1–6/В–Г) ГОСТ 26020;

На основе изучения архивных материалов можно сказать, что здание производственного корпуса в современном виде было запроектировано в 2000–2001 гг. под размещение деревообрабатывающего производства с назначенным классом ответственности КС-2 (нормальный).

С 2015 г. по настоящее время здание эксплуатируется в качестве производственного корпуса завода по производству и розливу антифриза, стеклоомывающих жидкостей и тосола, что привело к изменению класса сооружения и значения коэффициента надежности по ответственности. Был назначен класс ответственности КС-3(повышенный).

Определение и оценка критических факторов до усиления

Для определения возникающих критических факторов была сформирована расчетная схема в программе SCAD Office 21.1.9.9 на

основе обмерных чертежей, полученных путем обработки данных натурных обмеров объекта.

При выполнении статического расчета определили, что значения критических факторов в колоннах по оси Б лежат в пределах 0,6–0,72, поэтому колонны не требуют усиления.

Значения критических факторов, возникающих в колоннах по осям В, Г, были сведены в диаграммы для более удобной оценки и наглядности (рис. 1, 2). На этих диаграммах приведены значения двух основных для всех колонн критических факторов (предельная гибкость в плоскости рамы и предельная гибкость из плоскости рамы). Для колонн в осях 1–6/В–Г были сформированы дополнительные диаграммы (рис. 3, 4), так как определяющими критическими факторами в них являются не только те, что указаны на рис. 1 и 2.

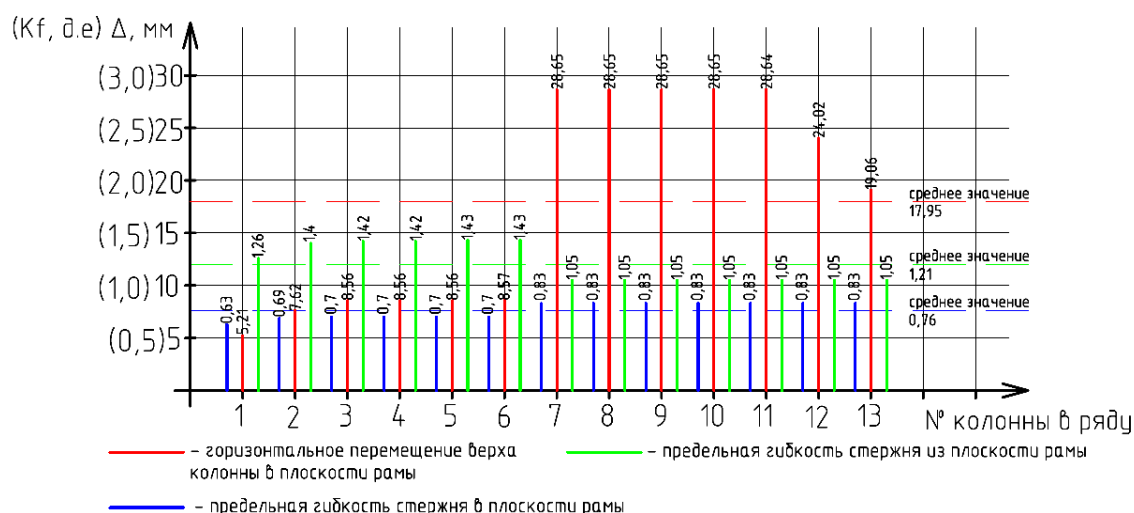


Рис. 1. Значения перемещений и критических факторов для колонн, расположенных вдоль оси Г

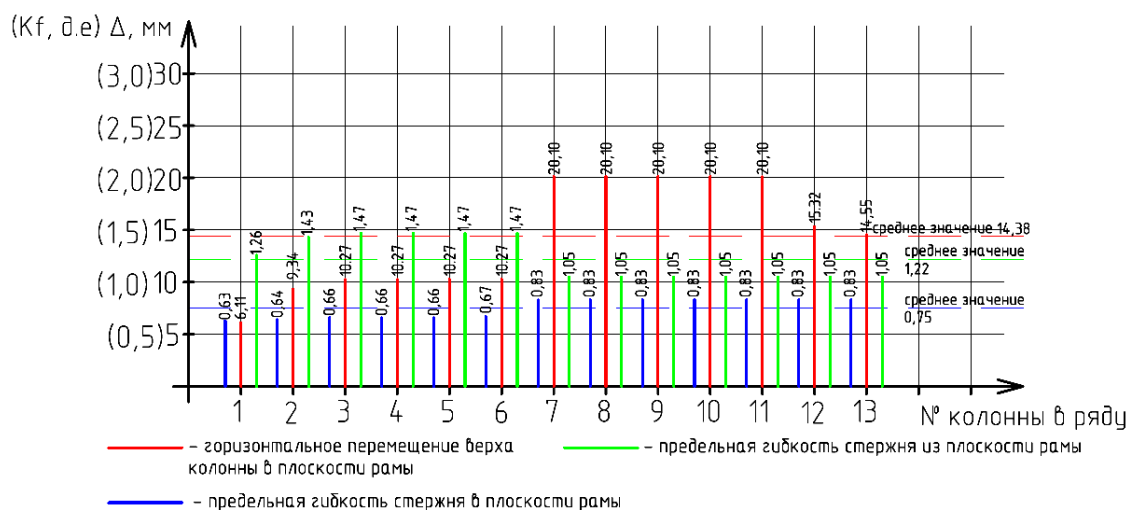


Рис. 2. Значения перемещений и критических факторов для колонн, расположенных вдоль оси В



Рис. 3. Дополнительная диаграмма для колонн в осях 1–6, расположенных вдоль оси Г

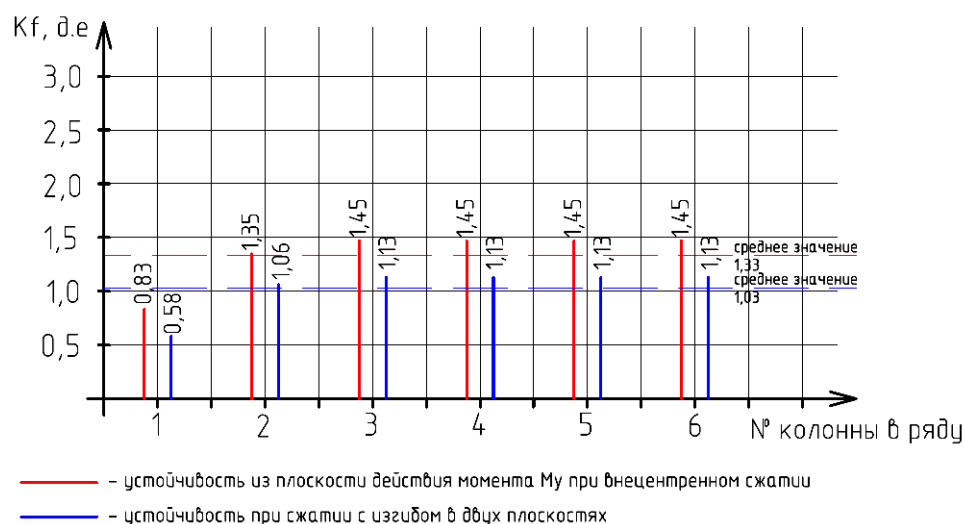


Рис. 4. Дополнительная диаграмма для колонн в осях 1–6, расположенных вдоль оси В

На основе полученных данных о значениях и характере критических факторов, возникающих в колоннах вдоль осей В и Г, были выбраны следующие способы усиления:

- постановка дополнительных связей (распорок) по колоннам;
- постановка новых распределительных связей по шатру с устройством жестких торцевых фахверков.

Данные схемы усиления позволяют наиболее эффективно уменьшить значения возникающих в колоннах критических факторов. Постановка дополнительных ригелей (распорок) между колоннами даст возможность существенно уменьшить гибкость колонн из плоскости рамы и увеличить несущую способность колонн на 10–30 %.

Устройство распределительных связей по шатру и жестких фахверков в торцах здания сократит влияние горизонтальных нагрузок на каркас и изменит расчетную схему колонны в плоскости рамы (жесткое защемление снизу и упругая опора сверху) за счет усиления эффекта пространственной работы. При восприятии горизонтальных нагрузок одной рамой в работу вовлекаются 2–3 соседние, но при наличии замкнутой системы связей по шатру с жесткими торцевыми фахверками в работу вовлекается практически весь каркас.

Определение и оценка критических факторов после усиления

Для оценки влияния выбранных схем усиления на возникающие критические факторы была сформирована еще одна расчетная схема на основе первой. В нее были введены дополнительные элементы.

В целях установления расчетной длины колонны в плоскости рамы по новой расчетной схеме (рис. 5) необходимо определить значение фактической жесткости упругой опоры. Для этого выполнялся ряд действий:

1. Была выбрана колонна, горизонтальные перемещения которой от нормативного сочетания нагрузок максимальны.

2. Жесткость данной колонны «занулялась» путем замены жесткости, а также изменения модуля упругости на значение $0,001 \text{ т/м}^2$. Было создано отдельное нагружение, состоящее из узловой нагрузки, приложенной к верхнему узлу выбранной колонны.

3. После выполнения статического расчета было определено значение перемещения узла от действия приложенной узловой нагрузки интенсивностью в 1 т.

4. Из полученного соотношения «приложенная нагрузка / перемещение» определялось значение жесткости упругой опоры и устанавливалась новая расчетная длина колонны в программе-сателлите.

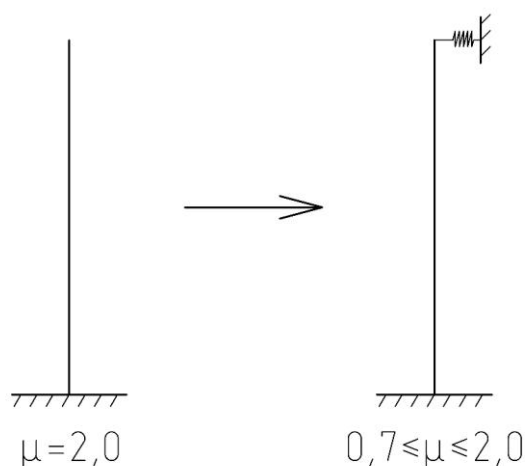


Рис. 5. Изначальная расчетная схема колонны в плоскости рамы (слева) и расчетная схема колонны в плоскости рамы после усиления (справа)

При полученной фактической жесткости упругой опоры, равной 289 т/м , значение коэффициента расчетной длины колонны $\mu = 1,23$.

Значения критических факторов, полученных после усиления, сведены в диаграммы (рис. 6–9), аналогичные диаграммам выше.

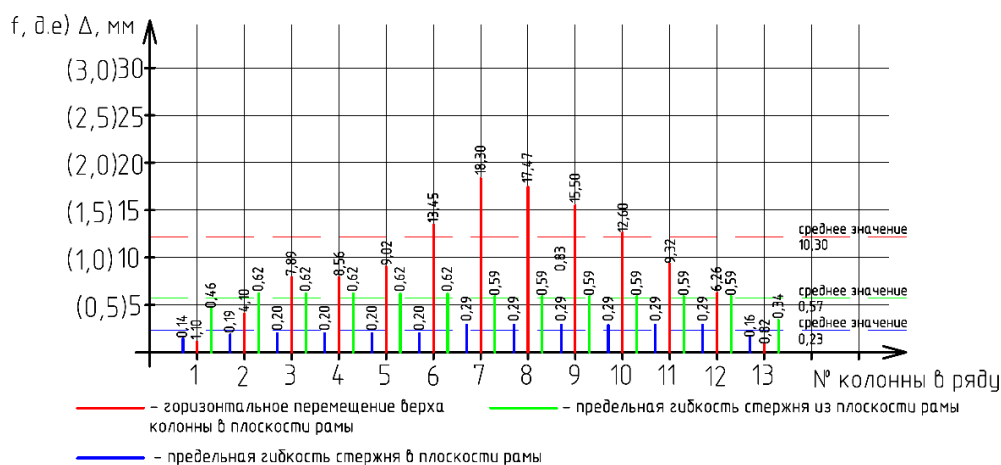


Рис. 6. Значения перемещений и критических факторов для колонн, расположенных вдоль оси Г, после проведения усиления

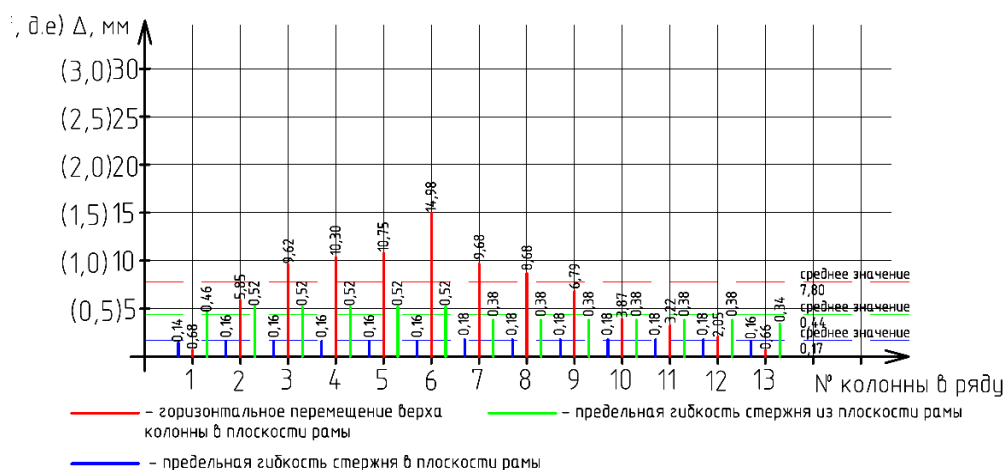


Рис. 7. Значения перемещений и критических факторов для колонн, расположенных вдоль оси В, после проведения усиления



Рис. 8. Дополнительная диаграмма для колонн в осях 1–6, расположенных вдоль оси Г, после проведения усиления

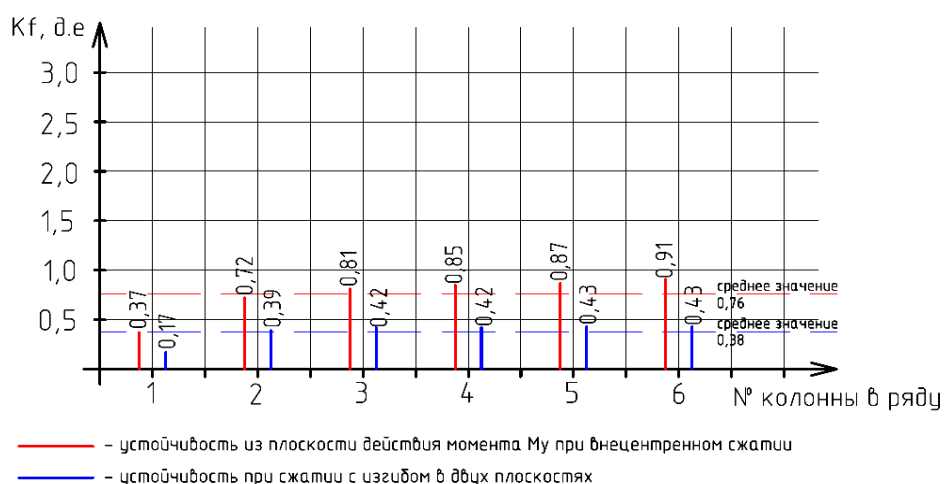


Рис. 9. Дополнительная диаграмма для колонн в осях 1–6, расположенных вдоль оси В, после проведения усиления

Заключение

Полученные данные об изменении значений критических факторов введены в таблицу.

Сравнение средних значений возникающих критических факторов до/после усиления

Наименование критического фактора	Среднее значение до усиления, доля единицы	Среднее значение после усиления, доля единицы	Относительное изменение, %
Ряд колонн вдоль оси Г			
Предельная гибкость стержня из плоскости рамы	1,21	0,57	53
Предельная гибкость стержня в плоскости рамы	0,76	0,23	70
Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	1,56	0,97	38
Ряд колонн вдоль оси В			
Предельная гибкость стержня из плоскости рамы	1,22	0,44	64
Предельная гибкость стержня в плоскости рамы	0,75	0,17	77
Устойчивость из плоскости действия момента M_y при внецентренном сжатии	1,33	0,76	43
Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях	1,03	0,38	63

Таким образом, можно сделать однозначный вывод, что выбор правильной схемы усиления путем изменения расчетной схемы позволяет:

значительно повысить несущую способность вертикальных несущих конструкций;

привести конструкции при определенных условиях в работоспособное техническое состояние без необходимости проведения усиления путем увеличения сечения;

изыскивать значительные резервы несущей способности элементов, что может быть полезно в условиях реконструкции, перевооружения производства.

Библиографический список

1. Бельский М.Р. Усиление металлических конструкций под нагрузкой. Киев: Будівельник, 1975. 120 с.

2. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81*). 1975. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294853/4294853984.pdf> (дата обращения: 26.03.2026).

3. Михайлов В.В. Расчет усиления стальных строительных конструкций: учебное пособие. Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2007. 80 с.

4. Ребров И.С. Усиление стержневых металлических конструкций: проектирование и расчет. Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1988. 288 с.

5. Валь В.Н., Горохов Е.В., Уваров Б.Ю. Усиление стальных каркасов одноэтажных производственных зданий при их реконструкции. М.: Стройиздат, 1987. 220 с.

STRENGTHENING THE VERTICAL LOAD-BEARING STRUCTURES OF A CHEMICAL INDUSTRY BUILDING SECTION

**S.G. Yacovlev, K.A. Bogdanov,
S.L. Subbotin, T.R. Barkaya**

Abstract. *This article presents the results of evaluating the possibility of strengthening vertical bearing structures by changing the calculation scheme as needed to explore reserves of bearing capacity. An analysis of the arising critical factors and the dynamics of their changes after the strengthening was conducted.*

Keywords: *metal structures, strengthening, cross-section enlargement, modification of the structural scheme, reconstruction.*

Об авторах:

ЯКОВЛЕВ Сергей Геннадьевич – старший преподаватель кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: yakovlev-tv@mail.ru

БОГДАНОВ Кирилл Алексеевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: kirill.bogdanov.2002@mail.ru

СУББОТИН Сергей Львович – доктор технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, профессор, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sbtn@yandex.ru

БАРКАЯ Темур Рауфович – кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: btrs@list.ru

About the authors:

YACOVLEV Sergey Gennadievich – Senior Lecturer of the Department of Structures and Constructions and Facilities, Tver State Technical University, Tver. E-mail: yacovlev-tv@tstu.tver.ru

BOGDANOV Kirill Alekseevich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kirill.bogdanov.2002@mail.ru

SUBBOTIN Sergey Lvovich – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structures and Constructions, Professor, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sbtn@yandex.ru

BARKAYA Temur Raufovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, Tver. E-mail: btrs@list.ru

УДК 621.311

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Т.Б. Яконовская, Н.Э. Мамедов, А.П. Коняев

© Яконовская Т.Б., Мамедов Н.Э.,
Коняев А.П., 2026

***Аннотация.** В статье рассмотрено внедрение комплексных энергосберегающих решений и передовых энергоэффективных технологий в строительстве в условиях растущего дефицита традиционных энергоресурсов, а также увеличения затрат на их добычу и обострения экологических проблем как ключевой фактор устойчивого развития экономики и сохранения окружающей среды.*

***Ключевые слова:** энергоэффективность, экономия ресурсов, инновации в строительстве, возобновляемые источники энергии.*

Повышение энергоэффективности и рациональное использование ресурсов сегодня можно отнести к числу глобальных приоритетов. От успеха в этих областях напрямую зависят качество жизни населения и конкурентоспособность национальных экономик, особенно в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Основными направлениями считаются возведение зданий, минимально зависящих от внешних энергосетей, и модернизация существующих объектов с целью снижения их энергопотребления [1, 6, 7].

В современной практике выделяют несколько типов сооружений с повышенной энергоэффективностью:

- 1) пассивные строения (экодома). Характеризуются крайне низким энергопотреблением за счет применения пассивных методов теплоизоляции и проектных решений;
- 2) дома нулевого энергобаланса. Здания, которые полностью покрывают свои энергетические нужды за счет возобновляемых источников энергии, установленных на объекте;
- 3) активные дома. Сооружения, вырабатывающие энергии больше, чем потребляют, с возможностью передачи излишков в общую сеть;
- 4) высокотехнологичные здания. Объекты, где для обеспечения комфорта и экономии широко используются системы автоматизации и «умные» устройства.

Комплексный подход к энергосбережению в строительстве включает три основных направления:

- 1) применение энергосберегающего оборудования: использование тепловых насосов, солнечных панелей, рекуператоров и других технологий, позволяющих сократить расходы на отопление, вентиляцию и электроснабжение;
- 2) внедрение систем интеллектуального управления («умный» дом): автоматическое регулирование освещения, отопления, климат-контроля и других систем в зависимости от реальных потребностей и внешних условий;
- 3) улучшение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций: повышение сопротивления теплопередаче стен, кровли, фундамента и оконных проемов за счет современных утеплителей и герметичных конструкций.

Особое внимание уделяется снижению теплопотерь через оконные проемы с помощью энергоэффективных стеклопакетов и изоляции инженерных коммуникаций в неотапливаемых зонах [2, 3].

Применение современных энергосберегающих оконных конструкций сопряжено с рядом сложностей. Они связаны как с обеспечением здоровых условий для людей внутри помещений, так и с сохранностью самих зданий. Использование таких окон без организации управляемой принудительной вентиляции приводит к ухудшению качества воздуха

(снижению уровня кислорода, росту концентрации углекислого газа, радона и других веществ). Это негативно влияет на самочувствие людей. Кроме того, повышается влажность в помещениях, что способствует развитию плесени, опасной для человека и разрушительной для строительных конструкций. В Европе даже появился термин «синдром больного здания», и теперь установка таких окон без применения специальных вентиляционных мер запрещена.

На постсоветском пространстве ситуация осложняется ростом цен на энергоносители, что стимулирует поиск способов сокращения энергозатрат, а также активной заменой старых окон новыми (энергоэффективными) и использованием оборудования по утилизации тепла.

Устройство утилизации тепла вентиляционного воздуха – это конструкция, включающая теплообменный элемент, вентиляторы для перемещения потоков удаляемого и приточного воздуха, а также дополнительные элементы для автоматизации и улучшения качества воздуха. В таком устройстве тепло от отработанного воздуха передается поступающему снаружи (летом наоборот, т.е. охлаждение), что позволяет практически бесплатно подготавливать воздух перед подачей в помещение.

Раньше подобные системы применялись в основном для централизованной обработки воздуха всего здания. Необходимость в локальных решениях возникла с распространением энергосберегающих окон, которые нарушают естественную вентиляцию. В таких условиях жильцы часто вынуждены открывать окна, сводя на нет энергосберегающий эффект. Решением стали децентрализованные установки утилизации тепла, которые позволяют вентилировать только нужные помещения, контролировать воздухообмен и сохранять преимущества современных окон. Однако 100%-я утилизация тепла недостижима из-за неизбежных потерь [4, 5].

Одним из инженерных способов повышения энергоэффективности зданий является использование теплонасосных установок. Они переносят тепловую энергию от низкопотенциальных источников (например, грунта, воды или воздуха) к потребителю с более высокой температурой. Принцип работы схож с холодильными машинами, но с обратной целью (т.е. нагревом).

Теплонасосы делятся на компрессионные (работают на электричестве) и абсорбционные (могут использовать также тепло). По типу источника тепла различают насосы:

геотермальные (используют тепло земли или грунтовых вод). Они могут быть замкнутого (горизонтальные, вертикальные, водные контуры) или открытого типа;

воздушные (источник – атмосферный воздух);

использующие вторичное тепло (например, от трубопроводов).

Эффективность зависит от климатических условий. В северных регионах воздушные системы могут работать до -25 и -40 °С, но их КПД снижается. Геотермальные системы стабильнее, но требуют бурения скважин или укладки контуров в грунт.

Несмотря на доказанную эффективность, в России теплонасосы распространены слабо из-за высокой стоимости оборудования, монтажа и обслуживания, а также из-за сурового климата, требующего сложных и дорогих тепловых контуров.

Внедрение концепции «интеллектуального здания» позволяет за счет интеграции систем достичь экономии энергии до 10–15 %, а потребление ресурсов снизить примерно на 30 %. Это уменьшает воздействие на окружающую среду и эксплуатационные расходы. Подход к проектированию зданий меняется в сторону ужесточающихся требований к наличию систем автоматического управления освещением, вентиляцией и другими инженерными сетями [6, 7].

Автоматизированные системы управления зданием повышают безопасность, комфорт и ресурсоэффективность. Объединение управления разными системами создает синергетический эффект, сокращает затраты на эксплуатацию и повышает надежность. Стоимость внедрения автоматизированных систем управления зданием начинается примерно от 1 % стоимости здания. Срок окупаемости таких решений в среднем составляет 5–7 лет, но может быть и меньше.

В России растет интерес к «умным» и энергоэффективным зданиям. Развивается нормативная база, появляются отечественные разработки. Системы автоматизации становятся необходимостью, особенно в условиях роста тарифов и ужесточения экологических требований. Однако массовому внедрению мешает зависимость от импортного оборудования. Решением может стать развитие отечественных технологий и производств в данной области.

Библиографический список

1. Бардыш Е.А., Собянина О.В. Анализ применения энергосберегающих технологий в строительной отрасли // Modern Science. 2021. № 10-2. С. 382–386.
2. Рамазанов Т.Р. Проблемы внедрения энергосберегающих технологий в российской строительной отрасли // Академическая публицистика. 2024. № 6-1. С. 111–115.
3. Основные направления инновационного развития строительной отрасли / А.А. Томилин [и др.] // Финансовая экономика. 2020. № 10. С. 397–399.

4. Баенкинова С.А. Применение «зеленых технологий» в современных строительных проектах // Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК: сборник научных статей 3-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров, Курск, 14 марта 2025 года. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2025. С. 402–404.

5. Храмов В.В. Сравнительный анализ использования вентилируемого и мокрого фасадов // Наука в современном обществе: закономерности и тенденции развития: сборник статей Международной научно-практической конференции, Оренбург, 10 ноября 2017 года / отв. ред. А.А. Сукиасян. Оренбург: Аэтерна, 2017. Ч. 5. С. 177–182.

6. Яконовская Т.Б., Ксенофонов И.А. Автоматизация как инструмент повышения качества процесса производства железобетонных изделий // Современные технологии и инновации: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 11 марта 2025 года / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2025. С. 95–100.

7. Яконовская Т.Б. Инвестиционный портфель в 2024 году: стратегии и риски // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2025. № 1 (40). С. 77–82.

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

T.B. Yakonovskaya, N.E. Mamedov, A.P. Konyaev

Abstract. *The article examines the implementation of integrated energy-saving solutions and advanced energy-efficient technologies in construction in the context of a growing shortage of traditional energy resources, as well as increasing costs for their extraction and worsening environmental problems, as a key factor in sustainable economic development and environmental conservation.*

Keywords: *energy efficiency, resource conservation, construction innovations, renewable energy sources.*

Об авторах:

ЯКОНОВСКАЯ Татьяна Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления производством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tby81@yandex.ru

МАМЕДОВ Наиль Элизбарович – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

КОНЯЕВ Артем Павлович – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь.

About the authors:

YAKONOVSKAYA Tatyana Borisovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tby81@yandex.ru

MAMEDOV Nail Elizbarovich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tstu-emp@mail.ru

KONYAEV Artem Pavlovich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tstu-emp@mail.ru

УДК 338.984

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ И ДИНАМИКИ ЦЕН НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Т.Б. Яконовская, Н.Э. Мамедов, М.В. Мальевский

© Яконовская Т.Б., Мамедов Н.Э.,
Мальевский М.В., 2026

***Аннотация.** В статье проанализированы тенденции изменения цен на строительные материалы в России и мире, рассмотрены макроэкономические и отраслевые факторы, влияющие на их динамику. Особое внимание уделено роли логистики, энергетики и государственной политики в формировании рыночных цен. Приведены примеры колебаний цен на ключевые виды строительных материалов.*

***Ключевые слова:** строительные материалы, цены, рынок, факторы, динамика цен.*

Строительная отрасль является одним из ключевых секторов экономики, оказывающим значительное влияние на инвестиционную активность, занятость населения и развитие инфраструктуры. Колебания цен на строительные материалы напрямую сказываются на темпах реализации жилищного строительства, инфраструктурных проектов, а также на общей экономической стабильности. В последние годы рынок строительных материалов столкнулся с беспрецедентной волатильностью, вызванной как внутренними экономическими процессами, так и глобальными факторами, включая нарушения цепочек поставок, рост цен на энергоносители и изменения в международной торговле [1, 5]. Ниже представлен детальный анализ факторов, определяющих ценовые

тенденции, рассмотрены региональные особенности и даны прогнозы развития рынка до 2027 г.

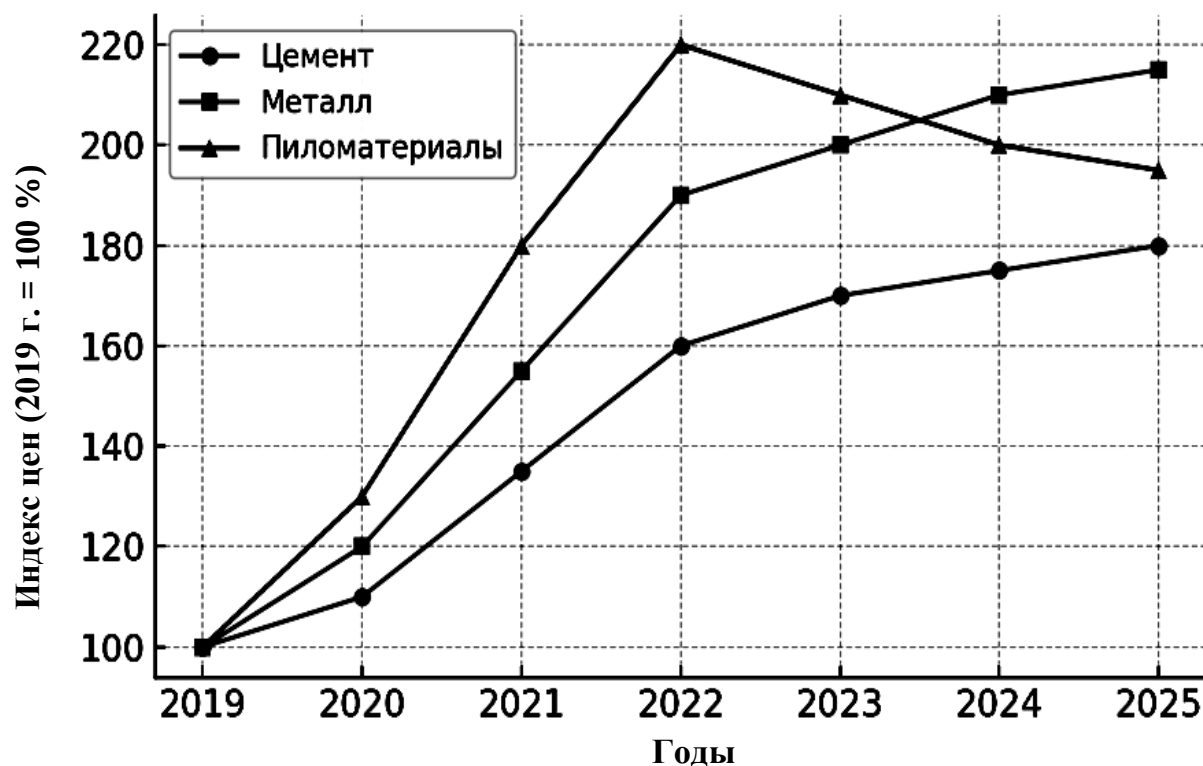
Факторы, влияющие на формирование цен на строительные материалы, можно условно разделить на три группы: макроэкономические, производственно-логистические и рыночные. К макроэкономическим факторам относятся инфляция, изменения курса национальной валюты, стоимость энергоносителей и государственная политика в области налогообложения и регулирования тарифов. Инфляция увеличивает производственные затраты и снижает покупательную способность, что приводит к росту цен [2]. Например, в России индекс цен на строительные материалы в 2020–2022 гг. ежегодно увеличивался примерно на 12 % из-за общей инфляции [2]. Колебания валютного курса сказываются на стоимости импортных материалов и оборудования, особенно в странах, зависящих от зарубежных поставок [5]. Рост цен на энергоносители (например, на природный газ, необходимый для производства цемента и стали) также существенно увеличивает себестоимость продукции [3]. Государственная политика, включая субсидии производителям или экспортные пошлины, может как смягчать, так и усиливать ценовые колебания [1]. Например, введение Россией в 2021 г. экспортных пошлин на древесину привело к резкому росту внутренних цен из-за сокращения предложения [4].

Производственно-логистические факторы включают стоимость сырья, производственные мощности и транспортные расходы. Глобальные сбои в цепочках поставок в 2020–2022 гг. вызвали дефицит ключевых компонентов, таких как сталь и химические добавки для цемента [5]. Транспортные расходы, зависящие от цен на топливо и логистических ограничений, существенно влияют на региональные различия в ценах. В отдаленных регионах, таких как Дальний Восток России, стоимость материалов выше из-за больших транспортных расстояний и ограниченной местной производственной базы [6]. Доступность сырья, например песка или щебня, также варьируется в зависимости от региона, что дополнительно влияет на ценовую динамику [7].

Рыночные факторы включают спрос, сезонность и уровень конкуренции. Высокий спрос, вызванный крупными инфраструктурными проектами или жилищным строительством, приводит к ценовым всплескам [3]. Сезонные факторы, особенно в регионах с суровым климатом, могут нарушать поставки и повышать затраты. Конкуренция между производителями может стабилизировать цены за счет эффекта масштаба или, наоборот, приводить к ценовым войнам на перенасыщенных рынках [4]. Например, в России рынок цемента стал более конкурентоспособным благодаря появлению новых отечественных производителей, что вызвало замедление роста цен в некоторых регионах [7].

Анализ статистических данных показывает, что в 2019–2023 гг. цены на большинство строительных материалов в России и мире выросли более чем на 70 % [2, 5]. Наиболее значительный рост наблюдался в сегментах металлоконструкций и древесины, где цены в отдельных случаях увеличились на 100 % [2]. Такой скачок был обусловлен ростом цен на энергоносители, перебоями в поставках и увеличением экспортного спроса на российскую продукцию, особенно на древесину и сталь [5]. Например, цена на арматурную сталь в России выросла на 85 % в 2020–2022 гг., а стоимость древесины удвоилась из-за экспортных ограничений и глобального дефицита [4].

Как видно из рисунка, наиболее резкий рост цен пришелся на 2021–2022 гг., что совпало с глобальными логистическими проблемами и скачком цен на энергоносители [5]. Например, стоимость природного газа в Европе в этот период выросла на 120 %, что напрямую повлияло на стоимость цемента и стали [5]. С 2023 г. рынок демонстрирует признаки стабилизации (с темпами роста цен на уровне 5–7 % в год) [2]. Однако цены остаются значительно выше докризисного уровня из-за сохраняющихся инфляционных ожиданий и изменений в структуре мировой торговли [1].



Динамика цен на строительные материалы (2019–2025 гг.)

Региональные особенности проявляются в различной динамике цен в зависимости от географического положения и обеспеченности сырьем. В центральной России, где доступны песок и известняк, цены на цемент и щебень стабилизировались с 2023 г. [7]. В северных и восточных регионах, таких как Сибирь и Дальний Восток, высокие транспортные расходы и ограниченные производственные мощности поддерживают повышенные цены [6]. Например, стоимость цемента в Якутии на 30 % выше, чем в Москве, из-за логистических трудностей [7, 8]. Аналогично в регионах с ограниченным доступом к древесине, таких как страны Ближнего Востока, цены на древесные материалы выше из-за зависимости от импорта [5].

Государственная политика играет важную роль в формировании рынка строительных материалов. В России меры по регулированию цен на энергоносители, поддержка местных производителей и программы импортозамещения способствовали стабилизации цен на отдельные материалы [1]. Например, субсидии цементным заводам в 2023 г. позволили сократить производственные затраты на 10–15 %, что обеспечило более конкурентоспособные цены [7]. На глобальном уровне политика, направленная на устойчивое строительство, такая как «зеленая сделка» в ЕС, стимулирует спрос на экологичные материалы (низкоуглеродный цемент и переработанную сталь) [5].

Технологические инновации также трансформируют отрасль. Внедрение цифровых инструментов, таких как информационное моделирование зданий, и автоматизация производственных процессов повышают эффективность и снижают затраты [3]. Например, автоматизированные бетонные заводы в России позволили сократить производственные расходы на 8 % за последние годы [6]. Инновации в энергоэффективном производстве и переработке материалов помогают смягчить влияние роста цен на энергоносители [4].

Прогноз на 2025–2027 гг. указывает на умеренный рост цен на строительные материалы, который, согласно аналитическим оценкам, составит порядка 4–6 % ежегодно [2]. Этот сценарий базируется на предположении о постепенной стабилизации макроэкономической ситуации, включая эффективный контроль инфляционных процессов, восстановление устойчивости глобальных цепочек поставок и смягчение последствий геополитических потрясений, которые ранее оказывали значительное давление на рынок [1]. Важным фактором, способствующим снижению ценовой волатильности, особенно в России, станет постепенное насыщение внутреннего рынка отечественными строительными материалами, что позволит сократить зависимость от импорта и минимизировать влияние колебаний валютных курсов [7, 8]. Это укрепление внутреннего производства будет поддерживаться мерами государственной политики, направленными на стимулирование локальных производителей и развитие импортозамещения.

В то же время сегмент высокотехнологичных и экологически ориентированных материалов демонстрирует более высокий потенциал роста, что обусловлено увеличивающимся спросом, связанным с ужесточением международных и национальных «зеленых» стандартов строительства [5]. Например, мировой рынок низкоуглеродного бетона (по прогнозам экспертов) будет демонстрировать впечатляющий рост на уровне 15 % в год вплоть до 2030 г., что во многом связано с введением строгих регуляторных мер, направленных на сокращение углеродного следа строительной отрасли [5]. Такие тенденции подчеркивают важность внедрения инновационных решений в производственные процессы, включая использование экологичных материалов и технологий, которые соответствуют требованиям устойчивого развития и способствуют достижению целей по снижению выбросов парниковых газов.

Региональные особенности продолжают играть ключевую роль в формировании ценовой динамики на рынке строительных материалов. В отдаленных регионах, таких как Дальний Восток или арктические зоны, стоимость материалов, вероятно, останется выше среднероссийских показателей из-за сохраняющихся логистических ограничений, включая высокие транспортные расходы, сложные климатические условия и ограниченную доступность инфраструктуры [6]. Однако запланированные инвестиции в развитие транспортной инфраструктуры, в частности расширение железнодорожных сетей и модернизация портовых мощностей на Дальнем Востоке, могут в среднесрочной перспективе способствовать постепенному выравниванию цен между регионами [1]. Данные меры направлены на повышение доступности строительных материалов, снижение логистических издержек и, как следствие, уменьшение конечной стоимости продукции для потребителей.

Параллельно с этим развитие цифровых технологий в строительной отрасли, включая внедрение систем управления цепочками поставок, автоматизацию производственных процессов и использование аналитических платформ, будет способствовать повышению прозрачности рынка [3]. Это позволит более точно прогнозировать спрос и предложение, а также минимизировать риски, связанные с волатильностью цен на энергоносители. Энергоэффективные методы производства, такие как использование возобновляемых источников энергии на заводах или оптимизация технологических процессов, также сыграют важную роль в стабилизации затрат и снижении зависимости от колебаний цен на энергоресурсы [3]. В совокупности эти факторы создают предпосылки для формирования более устойчивого и предсказуемого рынка строительных материалов в ближайшие годы, хотя отдельные риски, связанные с глобальными экономическими и политическими процессами, сохранятся и потребуют внимательного мониторинга [1].

Таким образом, ценообразование на строительные материалы определяется сложным взаимодействием макроэкономических, логистических и рыночных факторов. Несмотря на стабилизацию рынка с 2023 г., цены остаются выше докризисного уровня из-за структурных изменений в мировой экономике [2, 4, 5]. Государственная политика, технологические инновации и инвестиции в инфраструктуру будут ключевыми для обеспечения устойчивости отрасли. Комплексный подход, включающий поддержку энергоэффективных технологий, развитие транспортной сети и цифровых систем мониторинга цен, позволит снизить зависимость от внешних шоков и поддержать устойчивое развитие строительного сектора [3, 6].

Библиографический список

1. Опубликованы итоги работы строительной отрасли России за 2024 год. URL: https://omorrss.ru/press-center/novosti/novosti_rss/opublikovany_itogi_raboty_stroitelnoy_otrasli_rossii_za_2024_god/?ysclid=mjixw3l8x6112034007 (дата обращения: 24.12.2025).
2. Росстат – Цены, инфляция. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/price> (дата обращения: 24.12.2025).
3. Яконовская Т.Б., Ксенофонтов И.А. Автоматизация как инструмент повышения качества процесса производства железобетонных изделий // Современные технологии и инновации: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 11 марта 2025 года / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2025. С. 95–100.
4. Яконовская Т.Б. Инвестиционный портфель в 2024 году: стратегии и риски // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2025. № 1 (40). С. 77–82.
5. Арdziнов В., Александров В. Ценообразование в строительстве. СПб.: Питер, 2013. 384 с.
6. Автоматизация технологического процесса производства бетона и железобетона. URL: <https://moluch.ru/archive/282/63434> (дата обращения: 24.12.2025).
7. Асаул А.Н., Старовойтов М.К., Фалтинский Р.А. Управление затратами в строительстве: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / под ред. А.Н. Асаула. СПб.: АНО ИПЭВ, 2009. 390 с.
8. Статистический сборник «Строительство в России». М.: Росстат, 2024. 118 с.

ANALYSIS OF FACTORS AND DYNAMICS OF PRICES FOR CONSTRUCTION MATERIALS

T.B. Yakonovskaya, N.E. Mamedov, M.V. Malevsky

Abstract. *This article analyzes price trends for construction materials in Russia and globally, examining the macroeconomic and industry factors influencing their dynamics. Particular attention is paid to the role of logistics, energy, and government policy in shaping market prices. Examples of price fluctuations for key types of construction materials are provided.*

Keywords: *construction materials, prices, market, factors, price dynamics.*

Об авторах:

ЯКОНОВСКАЯ Татьяна Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления производством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tby81@yandex.ru

МАМЕДОВ Наиль Элизбарович – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tstu-emp@mail.ru

МАЛЬЕВСКИЙ Максим Витальевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tstu-emp@mail.ru

About the authors:

YAKONOVSKAYA Tatyana Borisovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tby81@yandex.ru

MAMEDOV Nail Elizbarovich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tstu-emp@mail.ru

MALEVSKY Maxim Vitalievich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tstu-emp@mail.ru

СЕКЦИЯ 3 МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛООБРАБОТКА

УДК 621.928.26

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СХЕМЫ ВАЛКОВЫХ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ КАМНЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

А.В. Кондратьев, С.М. Кочканян, Ю.Н. Павлов,
Д.В. Оганесов, Д.И. Вельдяксов, Е.А. Соков, Д.А. Горшков

© Кондратьев А.В., Кочканян С.М.,
Павлов Ю.Н., Оганесов Д.В.,
Вельдяксов Д.И., Соков Е.А.,
Горшков Д.А., 2026

***Аннотация.** В статье с учетом ранее выполненных исследований обоснованы конструкции валковых сепараторов применительно к камнеуборочным машинам. Описаны рекомендуемые разделительные устройства, выполненные по классической схеме закрепления дисков на валах. Предложена новая комбинированная схема валкового сепаратора, состоящего из набора секций по три вала.*

***Ключевые слова:** конструктивные схемы, валы, диски, втулки, ступицы, камни, заклинивание, подвижные фартуки.*

Традиционная схема валкового сепаратора состоит из ряда параллельных валов с закрепленными на них в шахматном порядке дисками (например, многогранной формы), перекрывающимися между собой. Подобное выполнение сепарирующего устройства обеспечивает надежное транспортирование смеси вращающимися многогранными дисками с активным (ударным) воздействием на разделяемую массу. Таким образом, эффективность просеивания мелкой фракции на валковых сепараторах существенно выше, чем у других видов решет [1]. По этой причине на экспериментальных машинах (МПК-1,5 и МУК-1,4) для очистки пахотного слоя от мелких камней (50–300 мм) были установлены валковые сепараторы с многогранными дисками. Однако испытания машин в полевых условиях выявили ряд недостатков сепараторов валкового типа, главным из которых является заклинивание камней в промежутке между диском и напротив стоящим валом. Данное явление обусловлено переменчивостью промежутка между торцом диска и соседним валом [2]. Камень, попавший в этот промежуток, вращающимся диском прижимается к валу с последующим заклиниванием и неизбежной

остановкой вращения валов сепаратора. Это стало основной причиной безуспешных попыток создания машин с активным разделительным устройством на протяжении не одного десятилетия.

На кафедре «Строительные и дорожные машины и оборудование» Тверского государственного технического университета в течение многих лет ведутся научно-исследовательские работы по совершенствованию валковых сепараторов для разделения сыпучих смесей, в том числе и применительно к машинам для уборки мелкого камня с сельскохозяйственных полей. Результативность проводимых изысканий подкрепляется новизной технических решений, защищенных более чем 50 патентами на изобретения и полезные модели.

Для валкового сепаратора с шахматным расположением дисков было предложено разделительное устройство, на валах которого между дисками неподвижно устанавливались упругоэластичные втулки из резины (рис. 1) [3]. При этом диаметр втулки d_v определяется из условия, что ее толщина, равная $(d_v - d) / 2$, больше разницы радиусов описанной и вписанной окружностей диска. К тому же диски размещаются практически вплотную к втулке соседнего вала с небольшим зазором b_v (это минимальное расстояние между диском и втулкой), причем каждый диск установлен по центру промежутка a , вследствие чего рабочий просеивающий промежуток равен расстоянию a_p между перекрывающимися дисками смежных валов.

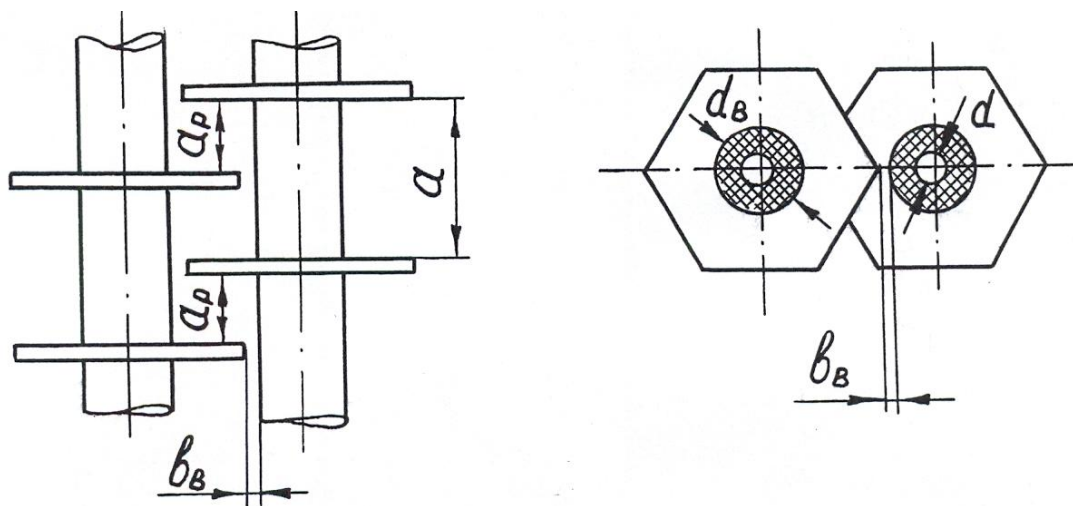


Рис. 1. Схема валкового сепаратора с упругоэластичными втулками

Во время работы устройства камень, попавший между торцом диска и резиновой втулкой, при наибольшем промежутке между ними будет вдавливаться в тело втулки, которая после прохождения вершины многогранного диска распрямляется, принимая первоначальное положение. Тем самым полностью исключается заклинивание камня между диском и валом. Здесь следует отметить, что увеличение диаметра вала за

счет резиновой втулки уменьшит размер просеивающих отверстий сита с последующим сокращением прохода через них мелких частиц. Это вызовет необходимость увеличения количества валов с дисками, что не является рациональным решением.

Еще одним вариантом классической схемы разделительного устройства для камнеуборочной машины может служить сепаратор с круглыми перекрывающимися дисками, в котором расстояние между диском и валом не меняется, что также предотвращает заклинивание твердых включений. Вместе с тем в данной конструкции будет уменьшаться транспортирующая способность устройства, что обусловлено круглой формой дисков (в отличие от многогранных). Данный недостаток можно компенсировать установкой над рабочей поверхностью сита подвижных фартуков, которые вместе с круглыми дисками будут перемещать каменистую массу по сепаратору [4]. Недостаточное ворошение круглыми дисками транспортируемой смеси и снижение вследствие этого интенсивности просеивания мелкой фракции можно разрешить путем увеличения количества валов с дисками. Однако увеличение длины сепарирующего устройства неизбежно приведет к повышению массы камнеуборочной машины и росту энергетических затрат как на ее передвижение, так и на привод валов с дисками.

Для обеспечения эффективности разделения каменистой смеси с одновременным исключением заклинивания твердых частиц между диском и валом была предложена комплексная схема валкового сепаратора, состоящая из валов с многогранными и круглыми дисками (рис. 2) [5, 6]. Новая конструкция сепаратора состоит из набора секций по три вала 1, где на крайних валах установлены круглые диски 2, а на среднем валу 1 находятся многогранные диски 3, на боковых поверхностях которых установлены круглые ступицы 4. При этом круглые диски 2 попарно охватывают каждый многогранный диск 3 с зазором к его боковым поверхностям и к торцевой поверхности круглых ступиц 4. Вследствие этого просеивающий промежуток a определяется расстоянием между смежными парами круглых дисков 2 каждого крайнего вала 1 секции и между круглыми ступицами 4 соседних многогранных дисков 3 среднего вала 1. Вместе с тем парные диски 2 крайних валов 1 каждой секции размещены в промежутке a круглых дисков 2 валов 1 соседних секций, что обеспечивает очистку просеивающих отверстий валкового сита. Расположение же многогранного диска 3 в пространстве a_0 между приближенными круглыми дисками 2 гарантирует исключение заклинивания камня между диском и валом. Это объясняется превышением в 5–7 раз расстояния b между вершиной диска 3 и соседним валом 1 над промежутком a_0 между приближенными круглыми дисками 2, что существенно больше максимального отношения большего размера (длины) камня, который может попасть в зазор a_0 , к меньшему размеру (толщине).

Кроме того, особенностью данной конструкции является то, что соотношение b/a_0 не зависит от параметра a сита и может вводиться в конструкцию валкового сепаратора еще на стадии его проектирования на основе размерных характеристик компонентов разделяемого сырья.

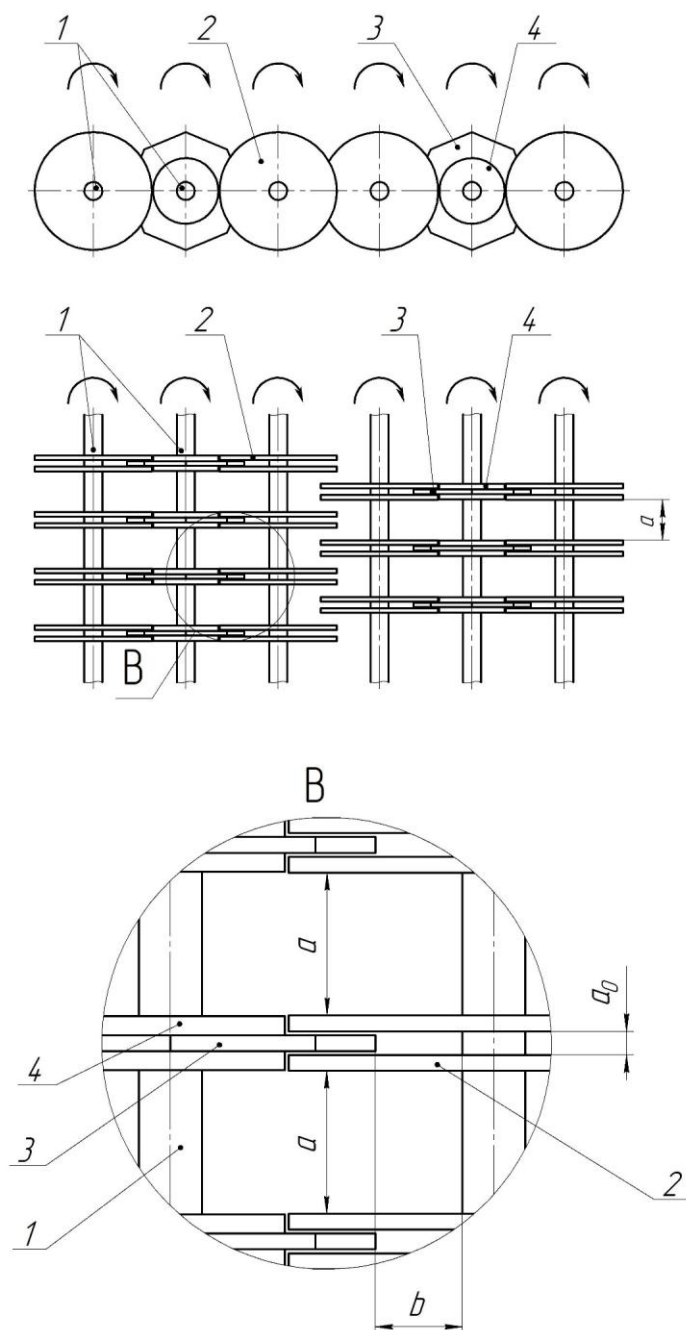


Рис. 2. Комбинированная схема валкового сепаратора

Таким образом, представленные схемы валковых сепараторов могут послужить базой для создания надежных и эффективных камнеуборочных машин, необходимых для очистки пахотного слоя от мелкого камня. При этом следует особо отметить актуальность решаемой проблемы для Северо-Западного и Центрального округов Российской Федерации, где

каменистые земли, требующие проведения культуртехнических мероприятий, составляют более 43 % от всех сельскохозяйственных площадей.

Библиографический список

1. Кондратьев А.В., Кочкян С.М., Павлов Ю.Н. Валковые сепараторы. Научные основы проектирования: монография. Тверь: ТГТУ, 2007. 136 с.
2. Кондратьев А.В. Создание высокоэффективных валковых сепараторов торфяных машин и оборудования: дис. ... докт. техн. наук: 29.10.98: утв. 10.12.99. Тверь, 1998. 361 с.
3. Ротационный сепаратор: а.с. 1727575 СССР. № 4798067/15 / Кондратьев А.В., Мясников А.Б., Кочкян С.М.; заявл. 03.01.90; опубл. 23.04.92, Бюл. 15. 3 с.
4. Сепарирующе-транспортирующее устройство: пат. 2004095 Рос. Федерация. № 4854992/15 / Кондратьев А.В., Мясников А.Б., Кочкян С.М., Иванов Е.И., Пупенков М.Н.; заявл. 27.07.90; опубл. 15.12.93, Бюл. 45–46. 3 с.
5. Устройство для грохочения сыпучих материалов: пат. 237107 Рос. Федерация. № 2012146116/03 / Кондратьев А.В., Кочкян С.М., Оганесов Д.В., Молостов Г.А., Вельдяков Д.И.; заявл. 05.05.2025; опубл. 09.09.2025, Бюл. № 25. 11 с.
6. Валково-дисковый грохот для дробильно-сортировочных комплексов / А.В. Кондратьев [и др.] // Высокие технологии в строительном комплексе. 2025. № 1. С. 148–152.

PROMISING DESIGNS OF ROLL SEPARATORS FOR STONE-REMOVING MACHINES

**A.V. Kondratyev, S.M. Kochkanyan, Yu.N. Pavlov,
D.V. Oganegov, D.I. Veldyakov, E.A. Sokov, D.A. Gorshkov**

Abstract. *This article, based on previous research, substantiates the design of roller separators for stone removal machines. Recommended separating devices based on the classic disc-shaft mounting scheme are described. A new combined roller separator design consisting of a set of three-shaft sections is proposed.*

Keywords: *design schemes, shafts, discs, bushings, hubs, stones, jamming, sliding aprons.*

Об авторах:

КОНДРАТЬЕВ Александр Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных и дорожных машин

и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: avkondr@ya.ru

КОЧКАНЯН Сейран Микаелович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных и дорожных машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: s_kochkanyan@mail.ru

ПАВЛОВ Юрий Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных и дорожных машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: pavlov237@yandex.ru

ОГАНЕСОВ Дмитрий Владимирович – аспирант кафедры строительных и дорожных машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: oganesovdima@yandex.ru

ВЕЛЬДЯКСОВ Даниил Игоревич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: veldyaksov01@gmail.com

СОКОВ Ефим Андреевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: ansokov13@gmail.com

ГОРШКОВ Данила Андреевич – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: 20032021danila@gmail.com

About the authors:

KONDRATYEV Aleksandr Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction and Road Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: avkondr@ya.ru

KOCHKANYAN Seyran Mikaelovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction and Road Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: s_kochkanyan@mail.ru

PAVLOV Yuri Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction and Road Machines and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: pavlov237@yandex.ru

OGANESOV Dmitry Vladimirovich – Postgraduate Student at the Department of Construction and Road Machinery and Equipment, Tver State Technical University, Tver. E-mail: oganesovdima@yandex.ru

VELDYAKSOV Daniil Igorevich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: veldyaksov01@gmail.com

SOKOV Efim Andreevich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: ansokov13@gmail.com

GORSHKOV Danila Andreevich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: 20032021danila@gmail.com

УДК 662.31.33

МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ ТОРФА (ЧАСТЬ 2)

Т.Б. Яконовская

© Яконовская Т.Б., 2026

***Аннотация.** В статье предложена функциональная модель торфяной техники, в основе которой лежит идея технической модернизации конструкции торфяного оборудования и модернизации технологии производства торфа. Техничко-экономический подход позволяет определить оптимальную структуру парка добывающего оборудования, а также усовершенствовать технологию производственного процесса добычи торфа и сформировать соответствующие мобильные комплекты машин по добыче торфа.*

***Ключевые слова:** модернизация, технологическая безопасность, добывающие машины, технико-экономический подход, структура парка машин.*

Применение технико-экономического анализа дает возможность обосновать рациональный состав парка горнодобывающих агрегатов, усовершенствовать производственную цепочку добычи торфа и сформировать оптимальные передвижные комплексы оборудования. В этих целях необходимо внедрение функциональной модели техники, базирующейся на концепции обновления конструкции машин и пересмотра существующей технологии производства торфа.

Для оценки уровня технологической безопасности торфодобывающей техники автор настоящей работы предлагает использовать технико-экономическую модель добывающей машины (рис. 1). Техническая модернизация торфодобывающей техники направлена на повышение качественных свойств машины, т.е. вносимые в конструкцию машины изменения должны обеспечивать надежность, безотказность, высокую производительность, ремонтпригодность [1–3]. Качество

конструкции торфяной машины зависит от материалов и технологий, используемых при ее создании. При этом на качественные характеристики машины влияют внешние условия эксплуатации техники и требования, накладываемые используемой технологией добычи. В этой связи для обеспечения безопасной и эффективной работы добывающей техники необходимо ее качественное сервисное сопровождение.

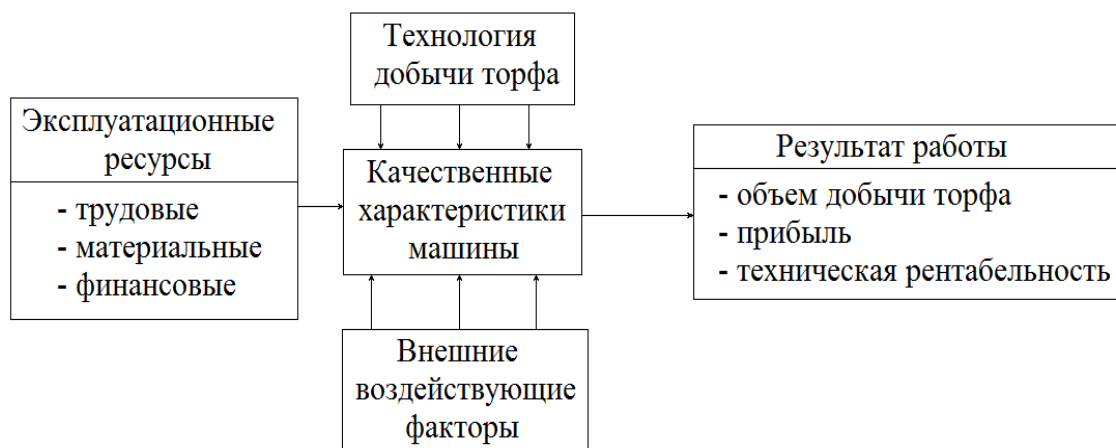


Рис. 1. Технико-экономическая модель работы торфодобывающей машины (составлено автором)

Технико-экономическая модель работы торфодобывающей машины позволяет разработать экономическую модель функционирования торфодобывающей техники для оптимизации структуры парка технологических машин торфопредприятия с учетом требований используемой технологии добычи торфа и рыночной ситуации [4–6]. Таким образом, технологическая безопасность связана с эксплуатационными затратами на работу торфодобывающей техники и ее технической модернизацией, а также с объемом добычи торфа (производительностью) [7]. Эксплуатационные расходы на содержание и обслуживание торфодобывающей машины включают расходы на сервисное сопровождение, запасные части, аренду техники, модернизацию машин, т.е. затраты, необходимые для обеспечения работоспособного состояния торфодобывающей техники в течение всего срока полезного использования. Затраты зависят от способа и типа используемой технологии добычи торфа, принятой стратегии технического обслуживания и ремонта. Доходы от использования торфодобывающей техники обеспечиваются количеством продуктивных машино-часов работы техники на операциях цикла добычи торфа. Чем больше времени торфодобывающая техника работает, тем эффективнее используются благоприятные дни сезона добычи торфа, а кроме того, появляется возможность увеличить объемы производства торфа, поскольку техника работает без простоев.

Таким образом, технико-экономическая модель оценки технологической безопасности торфодобывающего предприятия будет иметь следующий вид:

$$ТБ = \frac{\Pi}{ЭЗ} \cdot 100\% \rightarrow \max,$$

где Π – прибыль от эксплуатации торфодобывающей техники, руб.; $ЭЗ$ – эксплуатационные затраты на работу торфодобывающей техники, руб.

Графическая интерпретация модели представлена на рис. 2.

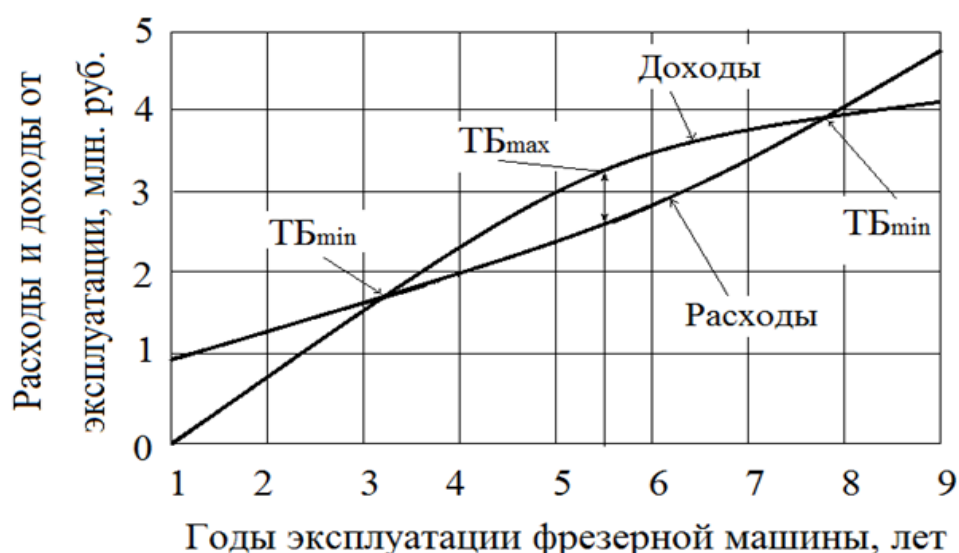


Рис. 2. Модель для определения технологической безопасности торфодобывающих машин

Для анализа и оценки технологической безопасности необходимо проводить мониторинг технологического состояния парка добывающего оборудования на торфопредприятии (табл. 1).

Таблица 1

Динамика технологических
и производственных показателей добычи торфа

Показатели	Год				
	2020	2021	2022	2023	2024
Добыча торфа, тыс. т	0,4	1,4	0,8	1,2	1,2
Коэффициент готовности оборудования, ед.	0,58	0,58	0,78	0,8	0,81
Коэффициент конструктивной сложности, ед.	0,5	0,5	1,0	1,2	1,2
Коэффициент физического износа, ед.	0,9	0,9	0,8	0,75	0,75
Технологическая рентабельность, %	10	10	13	15	17

Анализ данных табл. 1 показывает, что динамика объемов производства торфа зависит в большей степени от состояния технологического оборудования и погодных условий сезона добычи. Для комплекса торфодобывающего оборудования со сроком эксплуатации 15 лет по данным табл. 1 приведены коэффициенты технической готовности и конструктивной сложности на основе использования отчетных данных торфопредприятия за 2020–2024 гг. Эти коэффициенты составляют соответственно 0,58 и 0,5. Указанный коэффициент готовности техники является недопустимым, а дальнейшее повышение уровня готовности добывающих торф машин возможно при обновлении структуры технологического парка аналогичными либо машинами более высокой конструктивной и технической сложности, соответствующей требованиям технологии добычи торфа. На показатель коэффициента готовности оказывают влияние не только конструктивные параметры надежности оборудования, но и эффективность принятой стратегии сервисного обслуживания и даже принятая технология добычи торфа.

Главным недостатком используемой технологии добычи торфа является сильная зависимость от погодных условий сезона добычи. Для эффективного использования благоприятных (бездождливых и безветренных) дней сезона добычи и своевременного реагирования на изменчивую рыночную конъюнктуру необходимо, чтобы технология была адаптивной и гибкой. В этой связи требуется оптимизировать структуру парка технологических машин в направлении роста доли мобильных технологических комплексов по добыче торфа. Ввиду этого для парка технологических машин по добыче торфа необходимо разработать стратегию технической модернизации, которая заключается в решении задач [8–10]:

1. Совершенствовании структуры парка технологических машин и оборудования.
2. Совершенствовании применяемых стратегий технического сопровождения торфодобывающих машин.
3. Модернизации технологии и технологических операций добычи торфа.
4. Использовании универсальных мобильных технологических комплексов добычи торфа.

Для решения первой задачи обычно разрабатывается каталог торфяного оборудования, используемого на торфопредприятии. Результатами решения являются автоматизированная процедура анализа структуры парка технологического оборудования торфопредприятия, оценка уровня износа техники, фондоотдачи и темпов обновления парка машин.

Результат решения второй задачи позволяет автоматизировать систему управления ремонтными работами, а также определение

стоимости ремонтов и уровня готовности оборудования к сезону торфодобычи. Для современного торфопредприятия обычно используются следующие варианты мобильных комплексов: с использованием экскаватора, погрузчика, уборочной техники; применением фрезератора, погрузчика, уборочной техники. Показатели технологической безопасности добычи торфа с использованием мобильных комплексов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели технологической безопасности за 2024 г.

Показатели	Значение
Коэффициент фондоотдачи, ед.	1,8
Коэффициент конструктивной сложности, ед.	1,3
Коэффициент инновационности, ед.	1,2
Доля затрат на ремонт и техобслуживание, ед.	0,45
Коэффициент готовности, ед.	0,88
Количество машино-часов за сезон добычи	120
Добыча торфа, т	0,68
Технологическая рентабельность, %	10

Анализ структуры парка добывающей техники предприятия, используемых стратегий ремонта и эффективности используемых технологий добычи торфа позволил сделать следующие выводы:

1. После модернизации технологического оборудования, осуществленной с 2022 г., показатели технологической безопасности имеют положительную тенденцию роста (см. табл. 1).

2. Технологическая безопасность оценивается с помощью показателя технологической рентабельности используемой машины, в котором учитывается эффективность принятой стратегии ремонта, качественных конструктивных и производственных характеристик используемых машин.

3. Требования технологии добычи торфа позволяют формировать техническое задание по направлениям модернизации добывающего оборудования.

4. Непредсказуемая изменчивость рыночных условий ведения производственной деятельности в торфяной отрасли заставляет предприятия модернизировать как технологию добычи торфа, так и технологическое оборудование, что позволяет оценить уровень инновационности торфодобывающих машин и направления их модернизации в процессе проведения ремонтных работ. Модернизация техники проводится в направлении совершенствования ходовой части и повышения проходимости техники в случае дождливого сезона добычи либо в направлении снижения стоимости технического обслуживания и ремонта,

а также повышения производительности и надежности торфодобывающих машин или их конструктивных элементов.

Библиографический список

1. Яконовская Т.Б. Модернизация оборудования как инструмент обеспечения технологической безопасности предприятий по добыче торфа (часть 1) // Саморазвивающаяся среда технического вуза: научные исследования и экспериментальные разработки: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции, Тверь, 17 января 2024 года / под ред. Т.Б. Новиченковой. Тверь: ТвГТУ, 2024. С. 115–119.

2. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. Особенности оценки экономической безопасности предприятий торфодобывающей отрасли Тверского региона России (обзор отрасли) // Горные науки и технологии. 2021. Т. 6. № 1. С. 5–15.

3. Жигульская А.И., Яконовская Т.Б. Новое оборудование и технологии комплексной безотходной добычи и переработки ресурсов торфяного месторождения: учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп. Тверь: ТвГТУ, 2016. 160 с.

4. Комплексное использование торфяных и древесных ресурсов / Б.Ф. Зюзин [и др.] // Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья: сборник докладов Международной научной конференции: Минск, 14–17 сентября 2016 года: в 2 т. Минск: Беларуская навука, 2016. Т. 2. С. 152–156.

5. Жигульская А.И., Яконовская Т.Б. Комплексная механизация добычи и переработки торфо-древесных ресурсов торфяных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 4. С. 21.

6. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. Совершенствование технологии разработки торфяного месторождения // Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: Уральская горнопромышленная декада: сборник докладов X Международной научно-технической конференции, Екатеринбург, 20–21 мая 2021 года. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2021. С. 80–88.

7. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И. Тенденции цифровизации в горнодобывающем секторе экономики РФ // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Науки об обществе и гуманитарные науки». 2021. № 1(24). С. 92–100.

8. Яконовская Т.Б., Жигульская А.И., Оганесян А.С. Управление структурой активной части основных фондов торфодобывающих предприятий с использованием информационной системы // Актуальные вопросы теории и практики бухгалтерского учета и финансов: материалы

II научно-практической конференции, Тверь, 28–29 апреля 2020 года / под ред. В.Н. Кузнецова, А.Н. Бородулина. Тверь: ТвГТУ, 2020. С. 149–155.

9. Анализ опыта использования различных стратегий ремонта торфяной техники на примере ООО ТЭК «ТВЕРЬРЕГИОНТОРФ» / А.И. Жигульская [и др.] // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XVII Международной научно-технической конференции, Екатеринбург, 04–05 апреля 2019 года / под общ. ред. Ю.А. Лагуновой. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2019. С. 408–412.

10. Разработка ресурсосберегающей технологии комплексного освоения торфяных месторождений / Г.Л. Макаренко [и др.] // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2009. № 3 (81). С. 157–161.

EQUIPMENT MODERNIZATION AS A TOOL FOR ENSURING TECHNOLOGICAL SAFETY OF PEAT EXTRACTION ENTERPRISES (PART 2)

T.B. Yakonovskaya

Abstract. *The article proposes to use a functional model of peat machinery, which is based on the idea of technical modernization of the design of a peat machine and modernization of peat production technology. The technical and economic approach allows us to determine the optimal structure of the mining equipment fleet, as well as modernize the technology of the peat extraction production process and create appropriate mobile sets of peat extraction machines.*

Keywords: *modernization, technological safety, mining machines, technical and economic approach, machine fleet structure.*

Об авторе:

ЯКОНОВСКАЯ Татьяна Борисовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления производством, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tby81@yandex.ru

About the author:

YAKONOVSKAYA Tatyana Borisovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics and Production Management, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tby81@yandex.ru

СЕКЦИЯ 4

ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКАЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 663.91

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ШОКОЛАДА

Ю.В. Сидорова, К.В. Сидоров

© Сидорова Ю.В., Сидоров К.В., 2026

Аннотация. В работе проанализирована технология производства шоколада. Описаны основные этапы технологического процесса изготовления плиточного шоколада. Рассмотрены требования к маркировке готового продукта. Приведены технологические схемы производства шоколада и выводы исследования.

Ключевые слова: шоколад, какао-бобы, какао тертое, какао-масло, шоколадная масса, технология производства.

На сегодняшний день шоколад прочно удерживает позиции одного из самых востребованных продуктов питания в мире. Российский рынок не является исключением, так как каждый год происходит неуклонное увеличение объемов потребления данной продукции. Этот тренд обусловлен как богатством вкусовых оттенков, так и широким выбором различных видов шоколада, представленных на рынке.

Согласно нормативной документации [1], шоколад представляет собой кондитерское изделие, базой для которого служат продукты переработки какао-бобов. Рецепттура может предусматривать внесение дополнительных ингредиентов либо ограничиваться исключительно какао-составляющими. Продуктовая линейка включает следующие разновидности шоколада: классический (традиционный), молочный и экстрамолочный, горький (его также называют черным), темный, сладкий, белый, а также изделия с начинкой и порошкообразные формы. Производственный процесс регламентируется положениями ГОСТ Р 70377-2022 [1]. Изготовление должно вестись по официально утвержденным рецептурам с параллельным соблюдением технических условий Евразийского экономического союза, распространяющихся на соответствующие категории пищевой продукции.

Физико-химические показатели шоколада формируются за счет комбинации компонентов. Так, совокупная доля сухих веществ какао складывается из какао тертого, какао-масла, порошка и крупки. Обезжиренный остаток определяется содержанием обезжиренных сухих

фракций в тертом какао и порошке. Молочная составляющая (сухой остаток) рассчитывается по производным молока, исключая воду. Индивидуальные характеристики каждого наименования (от физико-химических параметров до пищевой ценности и предельного срока хранения) фиксируются в технической документации производителя. Важнейшим ограничением является запрет на включение в состав любых растительных масел (кроме какао-масла) и животных жиров (исключение – молочный жир) [1].

Базовым сырьем выступают какао-бобы – семена, добываемые из плодов шоколадного дерева. Ареал произрастания культуры ограничен тропическими зонами, среди которых страны Африки, Южной Америки, а также ряд островных территорий Индийского и Тихоокеанского бассейнов. Товарные бобы – это зерна массой до 1–2 г, анатомически разделяющиеся на наружную оболочку (какаовеллу), ядро и зародыш. Оболочка, несмотря на высокое содержание клетчатки, не имеет пищевой ценности и удаляется в процессе обработки [2].

Соотношение компонентов в конечном продукте строго нормируется. Для формирования сенсорных характеристик (вкуса и аромата) в шоколадную массу вносят специальные добавки. Усредненный химический состав классического шоколада таков [3]: сахар (55–63 %), жиры (30–38 %), причем доминирует именно какао-масло, белковые соединения (до 4 %), алкалоиды (теобромин и кофеин – около 0,6 %) и прочие элементы. В продукции диабетической направленности сахарозу замещают многоатомными спиртами (ксилитом, сорбитом, маннитом) или фруктозой. Что касается товарных форм, то рынок предлагает плиточный шоколад, батончики, фигурную продукцию (монеты, медали, различные фигуры), а также весовые варианты и подарочные наборы.

Обобщенная блок-схема изготовления шоколада (рис. 1) включает такие этапы, как подготовительная обработка какао-бобов; извлечение какао тертого, какао-масла и приготовление шоколадных масс; формовка, обертка и финальная упаковка [2].

Поступающая на фабрику партия какао-бобов неоднородна. Для унификации сырья проводятся операции сортировки (по размеру, качеству) и очистки от посторонних примесей с использованием специализированных агрегатов. Получение какао тертого включает дробление ядер, классификацию крупки, последующее измельчение и температурную обработку (подогрев). Цель дробления – максимально полное отделение оболочки и зародыша, присутствие которых негативно сказывается на органолептике шоколада. Полученное какао тертое служит основой для производства шоколадной массы, а также сырьем для выделения масла методом гидравлического прессования. Шоколадная масса – это дисперсная система, состоящая из тонкоизмельченных частиц сахарной пудры, тертого какао, какао-масла и рецептурных добавок. Алгоритм создания обычного шоколада включает смешивание сухих компонентов, их

измельчение (разводку) и гомогенизацию. Для получения десертных сортов применяется дополнительная обработка в конш-машинах, что придает массе особую нежность. Готовую шоколадную массу дозируют в формы.

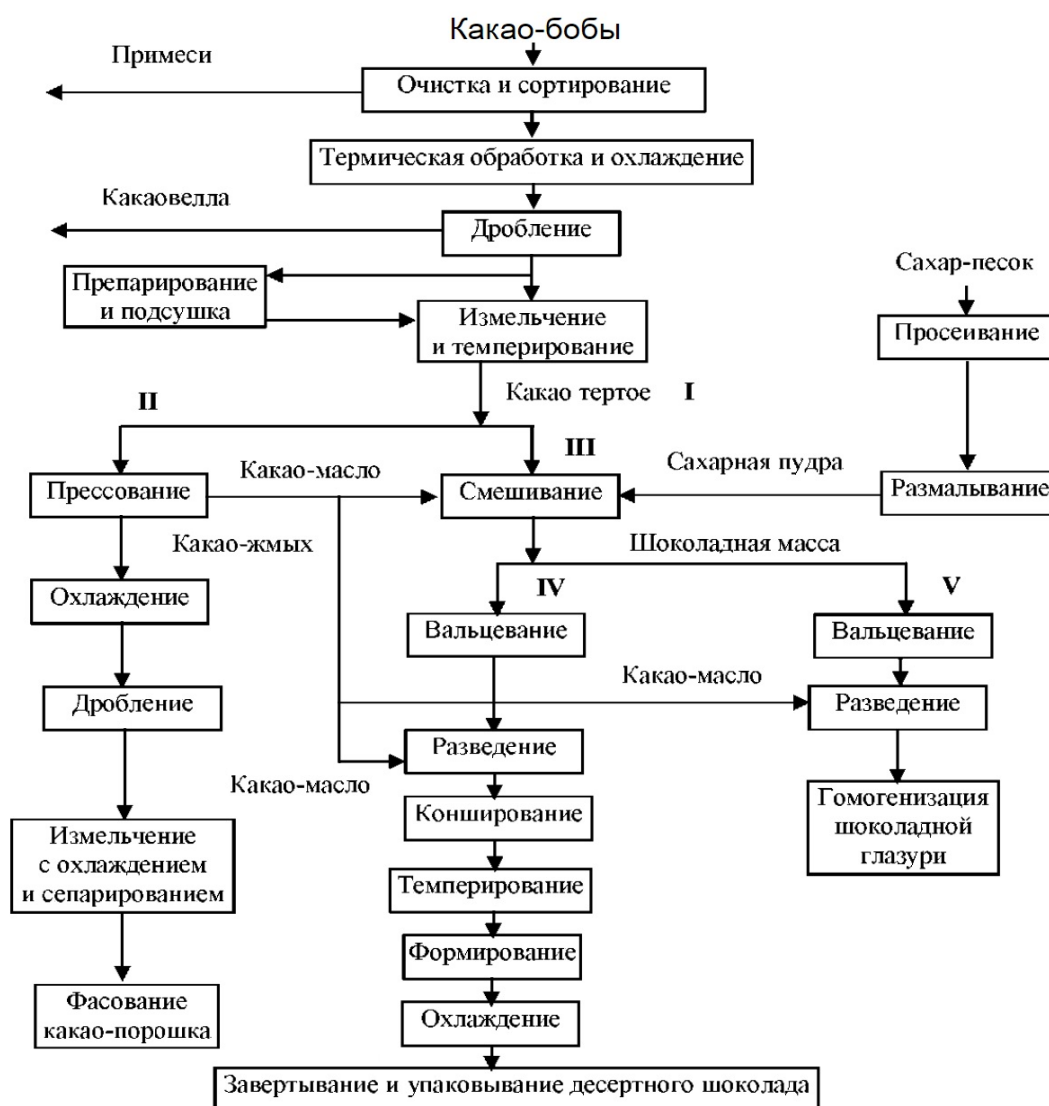


Рис. 1. Технологическая схема производства [2]: I – какао тертого; II – какао-порошка; III – шоколадной массы; IV – десертного шоколада; V – шоколадной глазури

В процессе контролируемого охлаждения запускается механизм кристаллизации какао-масла, переводящий жидкую массу в твердое состояние. Для защиты от внешних воздействий плитки обертывают в алюминиевую фольгу и красочную этикетку. Затем их фасуют в картонные короба. Крупные партии для транспортировки укладывают в ящики из гофрированного картона, фанеры или древесины. Условия складирования: чистота, сухость, наличие вентиляции. Температурный режим: 18 ± 3 °C, относительная влажность – не выше 75 %.

Гарантийный срок годности монолитного шоколада составляет 6 месяцев, а для вариантов с начинками и добавками он сокращен до 3 месяцев с даты производства.

На рис. 2 представлена типовая аппаратная схема поточной линии, предназначенной для выпуска плиточного шоколада и какао-порошка. Исходное сырье из приемных бункеров по конвейеру подается на весовое оборудование, где фиксируется его масса. Далее поток направляется в очистительную машину, совмещенную с калибратором, для отделения мусора и сортировки фракций [4]. Калиброванные какао-бобы при помощи шнекового транспортера перемещаются в промежуточный накопитель, а затем в зону термической обработки. Обжарка ведется при температурах 130–180 °С, что инициирует образование характерного аромата, нейтрализует нежелательные кислоты и улучшает технологические параметры. Сразу после обжарки какао-бобы экстренно охлаждаются до 25–30 °С. Это критически важно, так как снижается риск окисления какао-масла и предотвращается миграция жира в оболочку.

Охлажденное сырье поступает в дробильно-сепарационный агрегат. На выходе получают смесь, состоящую из кусочков ядра (какао-крупки) и оболочки (какаовеллы). Последняя удаляется из технологического цикла. Крупка же пневмотранспортом отправляется в приемник, оснащенный магнитным сепаратором, для финальной очистки от металлопримесей. Очищенная крупка проходит многостадийное измельчение на мельницах трех типов, последовательно превращаясь в грубый, средний и тонкий порошок. Готовый продукт аккумулируется в накопителях, откуда распределяется либо на шоколадное производство, либо на участок получения масла и порошка. Для экстракции масла подогретую массу подвергают интенсивному прессованию. Отфильтрованное какао-масло направляют на дальнейшее хранение. Образующийся жмых (с содержанием жира от 10,5 до 17 %) после дробления используют для производства какао-порошка [4].

Приготовление рецептурной смеси (шоколадной массы) требует точной дозировки ингредиентов (тертого какао, какао-масла, молочных продуктов, сахара). Компоненты смешиваются до достижения гомогенной консистенции. Степень измельчения твердой фазы – один из ключевых параметров качества. Чем меньше размер частиц, тем более высокими сенсорными характеристиками обладает готовый шоколад. Полученная масса разливается в предварительно подогретые формы. Для удаления пузырьков воздуха формы подвергаются виброобработке. Залитые формы проходят через охлаждающие камеры с регулируемым режимом для формирования стабильной кристаллической решетки какао-масла. Финальный этап – упаковка. Учитывается хрупкость готовых плиток, поэтому их не только заворачивают в индивидуальную обертку, но и

укладывают в картонные футляры массой 2–2,5 кг, которые затем герметизируют в транспортной таре [4].

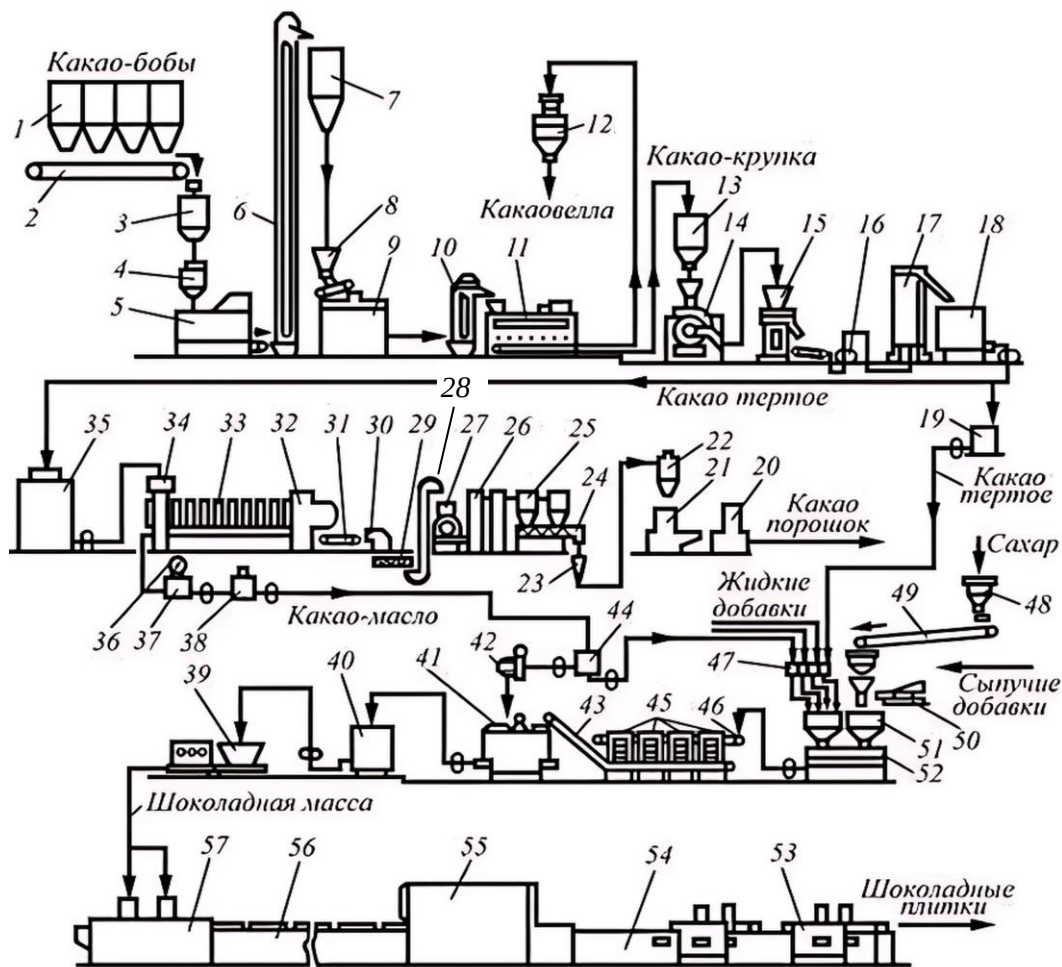


Рис. 2. Машинно-аппаратурная схема линии производства плиточного шоколада и какао-порошка [4]: 1, 13, 48 – расходный бункер; 2, 31, 43, 46, 49 – конвейер; 3, 36 – весы; 4, 8, 51 – бункер-питатель; 5 – очистительно-сортировочная машина; 6, 10, 28 – нория; 7 – промежуточный бункер; 9 – обжарочный аппарат; 11 – дробильно-очистительно-сортировочная машина; 12, 25 – циклон; 14 – ударноштифтовая мельница; 15 – дисковая мельница; 16 – насос; 17 – шариковая мельница; 18 – темперирующий сборник; 19, 22, 44 – сборник; 20, 21 – машины для фасования; 23 – классификатор; 24, 29 – шнек; 26 – теплообменный аппарат; 27 – штифтовая мельница; 30 – жмыходробилка; 32 – гидравлический пресс; 33 – рабочая камера; 34 – дизирующая емкость; 35 – темперирующий сборник; 37 – емкость; 38 – фильтр; 39 – автоматическая машина; 40 – темперирующая машина; 41 – ротационная конш-машина; 42, 47, 50, 52 – дозатор; 45 – мельница; 53 – заверточная машина; 54 – ленточный питатель; 55 – охлаждающий аппарат; 56 – аппарат вибрационной обработки; 57 – отливочная машина

Информация на потребительской упаковке наносится строго по ГОСТ Р 51074-2003 [5]. Помимо стандартных сведений (наименования, состава, даты производства), производитель вправе указать разработчика рецептуры шоколада. Особые требования предъявляются к маркировке диабетической продукции. Этикетка обязательно должна включать расчетное содержание подсластителей (ксилита, сорбита) на 100 г продукта, а также общее количество сахаров в пересчете на сахарозу; предупреждение о суточной норме потребления подсластителей (не более 30 г); маркировку «Диабетический». Для изделий диетического спектра дополнительно указываются рекомендованная разовая или суточная порция, назначение и способ применения [5].

Таким образом, современное производство шоколада базируется на строгом соблюдении технологических нормативов, гарантирующих безопасность и высокие потребительские свойства продукции. Современные технологические линии производства шоколада представляют собой механизированные комплексы, обеспечивающие эффективную переработку сырья и формование готовых изделий. Качество шоколада оценивается по совокупности параметров, касающихся его состава, органолептических свойств, консистенции и внешнего вида.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 70377-2022 «Шоколад. Общие технические условия». Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6.09.2022 г. № 884-ст. URL: <https://agropit.ru/files/2023/05/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2-%D0%A0-70337-2022-%D0%A8%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B4.-.pdf> (дата обращения: 23.01.2026).
2. Сапожников А.Н., Дриль А.А., Мартынова Т.Г. Технология пищевых производств: учебное пособие. Новосибирск: НГТУ, 2020. 208 с.
3. Толмачева Т.А., Николаев В.Н. Технология отрасли: технология кондитерских изделий: учебное пособие. СПб.: Лань, 2022. 132 с.
4. Индустриальные технологические комплексы продуктов питания: учебник / С.Т. Антипов [и др.]. СПб.: Лань, 2020. 440 с.
5. ГОСТ Р 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования». Утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 29.12.2003 г. № 401-ст. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/9f4/4293855172.pdf> (дата обращения: 23.01.2026).

CHOCOLATE PRODUCTION TECHNOLOGY

Yu.V. Sidorova, K.V. Sidorov

Abstract. *The paper analyzes the technology of chocolate production. The main stages of the technological process of making chocolate bars are described. The requirements for labeling the finished product are considered. Technological schemes of chocolate production and conclusions of the conducted research are presented.*

Keywords: *chocolate, cocoa beans, cocoa mass, cocoa butter, chocolate mass, production technology.*

Об авторах:

СИДОРОВА Юлия Владимировна – студентка, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: us7129798@gmail.com

СИДОРОВ Константин Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации технологических процессов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: bmisidorov@mail.ru

About the authors:

SIDOROVA Yulia Vladimirovna – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: us7129798@gmail.com

SIDOROV Konstantin Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technological Process Automation, Tver State Technical University, Tver. E-mail: bmisidorov@mail.ru

СЕКЦИЯ 5 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 004

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНОЙ СПЕЦИФИКИ РФ: СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А.А. Артемьев, В.Ю. Артемьев

© Артемьев А.А., Артемьев В.Ю., 2026

***Аннотация.** В статье проведен комплексный анализ адаптации зарубежных цифровых моделей к региональной специфике Российской Федерации. Основное внимание уделено барьерам и возможностям трансформации международного опыта – включая стандарты ISO 19650, практики BIM-моделирования и цифровых двойников – в условиях политики технологической независимости, дефицита квалифицированных кадров и недостаточной законченности отечественной нормативно-технической базы. Выявлены ключевые различия в подходах: если за рубежом доминирует проектно-ориентированное управление (design-build, construction management), то в России сохраняется традиционная генподрядная модель с устаревшей организационной структурой. На основе сопоставления заявленной и фактической эффективности новых цифровых методов (ТИМ/BIM) и традиционных подходов сделан вывод о необходимости формирования уникальной российской модели цифрового строительства, основанной на локализации технологий, развитии региональной цифровой инфраструктуры и ускоренном внедрении искусственного интеллекта и цифровых двойников (digital twin).*

***Ключевые слова:** региональная экономика, цифровая модель, бизнес-процессы, национальная строительная отрасль, анализ, специфика РФ, усовершенствование.*

Введение

С одной стороны, отрасль экономики имеет значительное влияние на структурное содержание и развитие новейших направлений науки и техники. Применительно к сфере строительства можно смело сказать, что новыми экономически успешными технологиями стали информационное моделирование и проектирование объектов как частных секторов, так и государственного кластера. План-схема, содержащая интерактивную карту строящегося объекта и прилегающих к нему территорий, позволяет наглядно представить полную картину здания и/или сооружения, выполненную в едином 3D-пространстве. Подобные нововведения в современном мире получили название «BIM-моделирование» (англ. Building Information Model – информационная модель объекта).

С другой стороны, управление организацией является многогранным процессом (особенно в области строительства), от которого в большой степени зависит соответствие мировым трендам, а также конкурентоспособность. Анализ бизнес-процессов строительной отрасли, стандартизация взаимодействия участников, наряду с оцифрованностью всего жизненного цикла работы над проектом, способствуют повышению конкурентоспособности строительной фирмы и благосостояния граждан страны, а также развитию экономики как для отдельного региона, так и в целом на долгосрочную перспективу.

К сожалению, как в отношении информационного моделирования, так и в отношении управления инвестиционно-строительным проектом Российская Федерация и зарубежные страны далеки от единообразия из-за географических, политических и иных преград. Если в Европе современное моделирование основано на таких программных комплексах, как Autodesk Revit, то в России действует закон, требующий наличия отечественного программного обеспечения для реализации стратегически важных объектов. В процессе организации управления строительством в Российской Федерации нет никаких ограничений, однако Россия склонна использовать морально устаревшую, по мнению стран Запада, систему генерального подряда. При этом последними в основу управления были положены три формы в зависимости от вида типовых контрактов: проектирование/строительство, управление строительством и управление проектом.

Глобальные эталоны цифрового управления: модель информационного менеджмента на основе ISO 19650

Цифровая трансформация строительной отрасли в мире идет по пути системного совершенствования, где ключевым элементом является не просто внедрение отдельных технологических решений, а создание целостной стандартизированной системы управления информацией на всем жизненном цикле объекта капитального строительства. Опыт передовых стран, особенно Великобритании, демонстрирует, что наиболее

эффективен переход от понятия «BIM как программное обеспечение» к концепции «BIM как процесс». Эта концепция формирует ядро современной модели цифрового управления – информационного менеджмента. Данная модель базируется на международных стандартах, в первую очередь на серии документов ISO 19650, которые эволюционировали из устоявшихся британских стандартов BS 1192 и PAS 1192 [14]. Указанные стандарты представляют собой не набор технических рекомендаций, а комплексную методологию, регламентирующую все аспекты обмена данными, определяющую роли и обязанности участников проекта, а также устанавливающую обязательные требования к использованию единой среды для хранения и обработки информации – Общей среды данных (Common Data Environment, CDE). Концепция CDE, согласно определению стандарта ISO 19650, является согласованным источником информации для любого данного проекта или актива, для сбора, управления и распространения каждого пункта информации через управляемый процесс. Это означает, что все данные (от первоначальных концепций до исполнительной документации и данных эксплуатации) должны проходить через единый контролируемый портал, что исключает фрагментацию и обеспечивает актуальность информации для всех сторон.

Движущей силой такого системного подхода выступает мощное государственное регулирование. В Великобритании использование BIM уровня 2 стало обязательным для всех централизованно закупаемых государственных проектов с 2016 г., а в 2021 г. BIM стал применяться ко всему инфраструктурному сектору (вне зависимости от типа или масштаба проекта). Подобные жесткие государственные требования существуют и в других развитых экономиках. Например, Дания ввела мандат BIM для всех общественных закупок, а Италия последовательно снижала пороговые значения стоимости проектов, требующих применения BIM, с 2019 г. и полностью обязала использовать эту технологию с 2025 г. для всех государственных проектов стоимостью от 1 млн евро. В США, Сингапуре, Гонконге и других странах также действуют различные уровни обязательного применения BIM для государственных и крупных частных проектов, что создает предсказуемый рынок для соответствующих технологий и услуг. Эта система принудительного внедрения позволяет достичь необходимого уровня совместимости и стандартизации, который невозможно обеспечить только на добровольной основе [3].

Экономическая эффективность указанной модели подтверждается многочисленными исследованиями и примерами из практики. Интеграция технологий BIM с интернетом вещей (IoT) и искусственным интеллектом (ИИ) способна сократить общие затраты на проекты на 10–15 % и уменьшить их продолжительность на 20 %. Конкретные примеры демонстрируют еще более впечатляющие результаты. Компания

Skanska, используя digital twin (цифровые двойники) на дороге A428 Black Cat в Великобритании, сэкономила 1,5 млн фунтов, а также сократила сроки строительства на 20 % благодаря улучшению коммуникации и оптимизации ресурсов. Компания Bouygues Construction в Париже с помощью ИИ-инженерии снизила вес стали на стене подпора на 140 т, что позволило одновременно сократить затраты и углеродный след еще до начала строительства. Данные цифры служат объективным ориентиром для оценки эффективности любых цифровых моделей и свидетельствуют о том, что успех заключается не в самой технологии, а в ее системной интеграции в бизнес-процессы, поддерживаемой надежной нормативно-правовой базой [3].

Развитие технологий за пределами простого информационного моделирования происходит в направлении создания полноценных цифровых двойников и активного использования искусственного интеллекта. BIM эволюционирует от третьего поколения (BIM 3.0), характеризующегося облачными платформами и 5D-анализом, к четвертому (BIM 4.0), которое включает интеграцию с AI/ML, IoT-сенсорами, 6D-анализом устойчивости и 7D-управлением активами. Ключевой функцией ИИ в этой экосистеме становится анализ данных для предиктивных расчетов и оптимизации [14]. Приведем примеры:

1. Компания Bouygues Construction использует ALICE Technologies для симуляции графиков строительства и анализирует, насколько сильно влияет добавление нового тоннельного бурового станка на сроки и затраты.

2. Компания Skanska разрабатывает собственные внутренние ИИ-инструменты: Operational Risk Sidekick для выдачи стратегий по минимизации рисков на основе тысяч вариантов; My Skanska Sidekick для поиска информации в корпоративной сети; Safety Sidekick для идентификации опасностей на площадке [11].

Интеграция BIM с IoT-сенсорами позволяет создавать живые цифровые двойники, которые отражают состояние объекта в реальном времени, что необходимо для оптимизации энергопотребления, планирования обслуживания и повышения безопасности. Таким образом, глобальный опыт свидетельствует о том, что успешная цифровизация строительства – это системный процесс, требующий не только технологий, но и мощной нормативно-правовой и организационной базы, созданной государством для обеспечения совместимости и эффективности всей отрасли [3,10].

В простом виде западная цифровая модель и ее положительные качества и результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1

Итоговые результаты применения BIM за рубежом [3, 11]

Аспект	Глобальный опыт (на основе ISO 19650 и аналогичных моделей)
Основополагающий стандарт	Серия международных стандартов ISO19650, основанная на UK PASS 1192 и BS 1192
Ключевые понятия	Информационный менеджмент (Information Management) как процесс, а не просто BIM-технология
Центральный элемент	Общая среда данных как единственный источник информации
Государственное регулирование	Жесткие мандаты на применение BIM для всех или большинства государственных и крупных частных проектов
Экономический эффект	Сокращение затрат на 10–15 %, сроков на 20 %. Экономия инвестиций и бюджетных средств может исчисляться в миллионах
Применяемые технологии	BIM + IoT + ИИ + цифровые двойники + блокчейны

Российский путь цифровизации:**создание замкнутой экосистемы «Цифровая вертикаль»**

Стратегия цифровизации строительной отрасли в Российской Федерации разрабатывается на основе лучших мировых практик, но при этом развивается по уникальному пути, заключающемуся в достижении полного технологического суверенитета. В основе данного подхода лежит концепция цифровой вертикали – сквозной системы управления данными, процессами и документами, которая должна охватывать всю отрасль от федерального уровня до конкретной стройплощадки. Эта вертикаль должна связывать такие ключевые государственные системы, как Федеральное агентство «Главгосэкспертиза» и Росреестр, через единую цифровую платформу стройки (ЕЦПС), электронный классификатор строительной информации и систему электронной исполнительной документации (ИСУП). Цели такой системы заключаются в устранении разрозненности информационных систем, унификации данных и обеспечении прозрачности на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. Данный комплекс мер реализуется в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и нацпроекта «Жилье и городская среда».

Нормативно-правовая база в России активно гармонизируется с международными стандартами, что свидетельствует о стремлении следовать лучшим мировым практикам. В частности, разрабатываются национальные стандарты ГОСТ Р «Организация информации о

строительных работах. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования» (части 1 и 2), которые находятся в процессе публичного обсуждения и гармонизированы с международными стандартами ISO 19650-1:2018 и ISO 19650-2:2018 [14]. Параллельно ведется работа над формированием Единой системы информационного моделирования (ЕСИМ), которая должна состоять из 19 ГОСТов. Уже утвержден первый основополагающий документ – ГОСТ Р 10.00.00.01 «Единая система информационного моделирования. Термины и определения», вступающий в силу в 2026 г. [6]. Однако указанный процесс сопряжен с трудностями: получено около 1 000 замечаний к проектам, что вызывает интеллектуальный диссонанс у участников проектов. Кроме того, политика государства по внедрению технологий информационного моделирования характеризуется некоторой нестабильностью. Первоначально планировалось, что применение технологий информационного моделирования станет обязательным для госфинансируемых проектов с 2022 г., затем эта дата была перенесена на 1 марта 2023 г., а для крупных проектов долевого строительства на 1 июля 2024 г., после чего требование было окончательно закреплено без возможности переноса [1].

Для реализации цифровой вертикали создаются комплексные государственные платформы. Одной из ключевых является облачная платформа «Цифровое управление строительством» (ЦУС), которая состоит из 12 модулей, охватывающих весь жизненный цикл проекта: от заведения проектно-изыскательских работ и управления проектом до смет, исполнительной документации и строительного контроля. Эти модули внедряются поэтапно, но должны обеспечивать сквозной цифровой контур. Другой важной системой является ИСУП Минстроя, куда подрядные организации, работающие по госконтрактам, обязаны передавать данные. Кроме того, правительство поручило разработать и внедрить цифровую платформу для управления комплексным социально-экономическим и пространственным развитием населенных пунктов, которая будет интегрирована в обновленную Стратегию пространственного развития до 2036 г. На региональном уровне также проводится масштабная работа: к концу 2024 г. 87 регионов РФ перешли на электронную исполнительную документацию, а пилотный проект по внедрению цифровых управленческих панелей («дашбордов губернатора») был запущен в 28 субъектах с планом полного внедрения к концу 2025 г. На сегодняшний день все 89 субъектов подключены к цифровой системе. До конца года планируется запуск мобильной версии панели и специального раздела – сводного экрана, который в онлайн-режиме будет аккумулировать все проблемные вопросы и показатели регионов [8, 13].

Заявленная эффективность перехода на цифровое строительство в России достаточно высока и теоретически сопоставима с мировыми

успехами. По оценкам Минстроя России, цифровизация может сократить сроки строительства на 10–20 %. В рамках федерального проекта «Цифровое строительство» ожидается снижение затрат и сокращение сроков строительства объектов, финансируемых за счет бюджетов всех уровней, до 20 %, а общее время от принятия решения о строительстве до ввода объекта в эксплуатацию – до 30 %. Применение технологий информационного моделирования, по данным исследований, может сократить ошибки в проектной документации до 40 %, сроки строительства – до 20–50 %, а затраты на строительство – до 30 %. Суммарный экономический эффект от внедрения указанных технологий составляет, по некоторым оценкам, 5–10 % от общих затрат на реализацию объекта [13]. Однако на практике темпы внедрения остаются низкими (рис. 1).

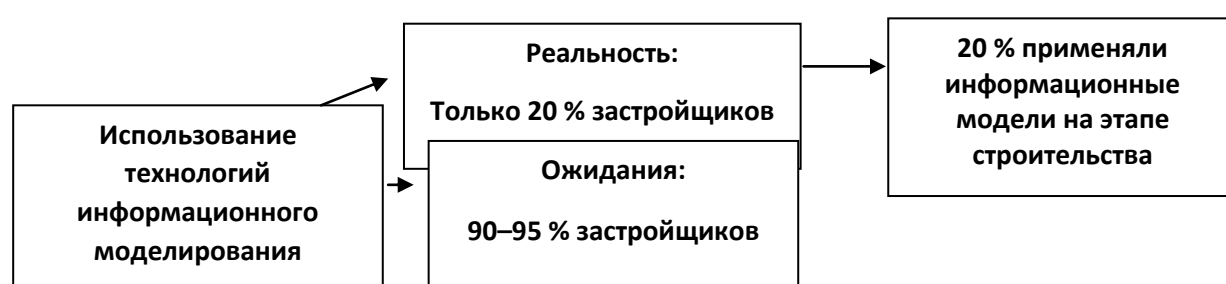


Рис. 1. Применение комплекса технологий информационного моделирования в реальной практике (по состоянию на II квартал 2024 г.) [13]

Процентное соотношение применения технологий информационного моделирования по стадиям жизненного цикла в 2025 г. представлено на рис. 2.

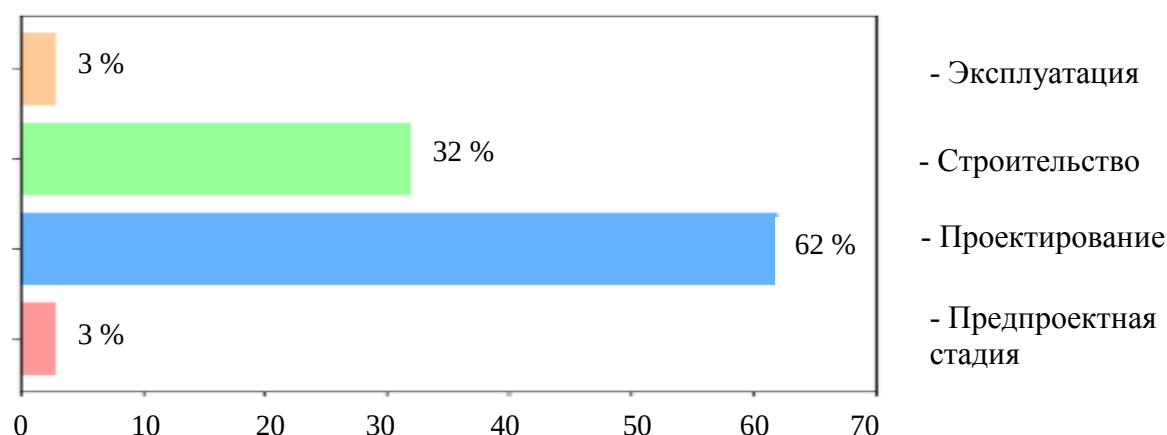


Рис. 2. Линейная диаграмма соотношения применения технологий информационного моделирования по стадиям жизненного цикла в 2025 г. [5]

В простом виде российская цифровая модель и ее положительные качества и результаты могут быть сведены в табл. 2.

Таблица 2

Итоговые аспекты применения BIM в России [2, 5, 13]

Аспект	Российская модель цифровизации
Ключевая концепция	Цифровая вертикаль: «цифровой объект – цифровой регион – цифровая страна»
Основные платформы	ЕЦПС, ИСУП Минстроя, ЦУС
Нормативная база	Разработка 19 ГОСТов ЕСИМ, схожесть с ISO 19650, обязательное применение технологий информационного моделирования с 1 июля 2024 г. для жилищного строительства
Заявленная эффективность	Сокращение сроков на 10–20 %, затрат на 5–10 %. Снижение затрат и сокращение сроков на 20 %, сокращение общего времени до 30 %
Уровень внедрения ТИМ	Низкий. По состоянию на II квартал 2024 г. технологии информационного моделирования используют 20 % застройщиков, распределение составляет 62 % (проектирование), 32 % (строительство), 3 % (предпроект)
Государственные инициативы	Национальная программа «Цифровая экономика РФ», дорожная карта импортозамещения программного обеспечения, пилотные проекты в Москве и регионах

Барьеры адаптации: политика суверенитета, инфраструктура и человеческий капитал как ограничивающие факторы

Несмотря на наличие амбициозных планов и создание нормативной базы, адаптация зарубежного опыта и внедрение цифровых моделей в строительной отрасли России сталкиваются с рядом системных барьеров, которые носят не только технологический, но и политический, инфраструктурный и кадровый характер. Эти барьеры коренным образом меняют ландшафт цифровизации, превращая ее из процесса выбора между лучшими мировыми практиками в сложный процесс вынужденной переориентации на ограниченные внутренние ресурсы.

Среди множества барьеров, возникающих при реализации усовершенствованных бизнес-процессов, можно на основе зарубежного опыта выделить три главных:

1. Политику технологического суверенитета.
2. Инфраструктурные и экономические ограничения.
3. Отсутствие квалифицированных кадров (наличие профессиональных сотрудников по всей стране, а не только в экономически развитых центрах).

Первый, самый фундаментальный барьер – это политика технологического суверенитета, которая фактически закрыла доступ к рынку многим зарубежным решениям. Указ Президента РФ № 166 от 30 марта 2022 г. установил два ключевых правила: с 31 марта 2022 г. государственным организациям и естественным монополиям требуется правительственное одобрение на приобретение иностранного программного обеспечения для «объектов критической информационной инфраструктуры», а с 1 января 2025 г. этим же организациям полностью запрещено использовать такое программное обеспечение на своих критических объектах. Поскольку в данную категорию попадают практически все крупные государственные и муниципальные проекты, это создает юридическую невозможность использования ведущих мировых BIM-платформ, таких как Autodesk Revit или Trimble Connect, в ключевых секторах экономики. Дальнейшие шаги, включая законодательное закрепление полного запрета на госзакупки иностранного программного обеспечения с 2025 г., усилили этот тренд.

Второй барьер – острая нехватка качественных и функционально полных отечественных аналогов. Исследования показывают, что к середине 2024 г. лишь 15–20 % российских компаний, которым было поручено переходить на отечественное программное обеспечение, успели это сделать. Основные проблемы и причины такого антироста:

нехватка рабочих аналогов и их низкое качество с точки зрения разработки проектных решений (30 % компаний сообщили о подобных трудностях);

проблемы с интеграцией в устоявшийся режим и плохая совместимость (75 % компаний сообщили о подобных трудностях).

Даже если в доступе имеются отечественные продукты (например, российская BIM-система Renga), 80 % пользователей зарубежного программного обеспечения Revit не собираются ее менять. Эта ситуация создает парадокс: на рынке отсутствует выбор, и компании вынуждены либо рисковать и использовать несовершенные решения, либо сталкиваться с технологическим отставанием. Долгосрочные перспективы усугубляются зависимостью от западных технологий в смежных областях: Россия не имеет собственной микроэлектронной промышленности и зависит от литографических станков ASML и TSMC для производства микросхем, что делает будущее развитие сложного отечественного программного обеспечения крайне неопределенным [9].

Третий, не менее важный барьер – это дефицит квалифицированных кадров и культурная инерция. Строительная отрасль в России исторически является одной из самых консервативных. Переход от бумажного документооборота и фрагментированных электронных файлов к работе в Общей среде данных (CDE) требует глубоких изменений в организационной культуре, которые часто встречают сопротивление пользователей из-за неудобных интерфейсов и инерции бумажных процессов. Проблема усугубляется острым «кадровым голодом». По данным Минстроя, не хватает около 30 тыс. специалистов сферы технологий информационного моделирования в проектных организациях и 18 тыс. в компаниях-госзаказчиках. Дефицит кадров в строительстве в целом почти в 2,8 раза выше, чем в 2022 г., при этом прогнозируемый рост самого сектора составляет всего 0,8–0,9 % в 2025 г. Спрос на специалистов с цифровыми навыками особенно высок, что создает серьезный накладной расход на обучение и адаптацию персонала. Все эти барьеры – политические, инфраструктурные и человеческие – взаимосвязаны и создают сложную среду, в которой прямая адаптация зарубежного опыта оказывается невозможной. Вместо этого отрасль вынуждена двигаться по пути создания собственной, замкнутой и местами несовершенной цифровой экосистемы [1, 9].

**Возможности в условиях изоляции: локализация,
региональное развитие и повышение темпа инноваций**

Несмотря на многие ограничения, изоляционная политика и ограниченность доступа к зарубежному опыту и технологиям открывают для России уникальные возможности форсированного развития отечественных решений, локализации инфраструктуры и ускорения темпа внедрения следующего поколения «цифры». Эти возможности становятся основой для формирования собственной, независимой модели цифрового управления строительством, адаптированной к новым геополитическим реалиям. Ключевыми возможностями являются ускоренная локализация и создание региональных цифровых кластеров. Появление в России модульных дата-центров от ICL является ярким примером успешной адаптации зарубежной архитектуры через локализацию и стандартизацию. Такие решения позволяют быстро и с минимальными капитальными затратами создавать необходимую серверную инфраструктуру в регионах, что критически важно для обеспечения доступа к облачным сервисам и выполнения вычислительноемких задач, таких как создание цифровых двойников, в удаленных уголках страны [1].

Стратегия регионального развития получает мощную поддержку со стороны государства. Особое внимание уделяется Восточной Сибири, которая обладает уникальными преимуществами для размещения дата-центров: среднегодовая температура ниже, чем в других регионах РФ, а также, что наиболее важно, имеется доступ к дешевой электроэнергии,

произведенной на гидро- и угольных электростанциях Ангара-Енисейского каскада. Тарифы на электроэнергию в Иркутской области могут составлять 0,5–1 руб/кВт · ч, что в 2–3 раза ниже глобального среднего и позволяет снизить эксплуатационные расходы на охлаждение и резервное питание на 15–25 %. Для поддержки этой инициативы в регионе строятся волоконно-оптические линии связи, чтобы обеспечить стабильный и высокоскоростной доступ к сети. Это создает парадоксальную возможность, а именно [12]:

1) подобный объект центра обработки данных сам по себе является масштабным строительным проектом, но именно такие объекты помогут реализации цифровых моделей и именно такие проекты будут отправной точкой для реализации целых регионов;

2) развитие таких региональных эшелонов позволит разворачивать сложные цифровые проекты на локальной инфраструктуре, минимизируя зависимость от центральных узлов в Москве и Санкт-Петербурге, где сосредоточено 76 и 9,3 % всех ресурсов [4].

Вторая важная возможность – это форсированное развитие отечественных IT-решений. Политическая воля правительства, выраженная в дорожных картах импортозамещения программного обеспечения в строительной отрасли, создает благоприятные условия для развития российских разработчиков, таких как «АСКОН» (система Renga) и «Элма» (платформа ELMA365). Государство активно стимулирует их совершенствование через включение в Реестр отечественных продуктов, что открывает доступ к госзаказу, и предоставление финансовой поддержки. Главное конкурентное преимущество отечественных систем заключается в их глубокой интеграции с национальной нормативно-технической базой [7]. Программные комплексы, такие как Renga и «ЛИРА», поддерживают актуальные российские нормативы, что устраняет один из главных барьеров для внедрения и обеспечивает корректность расчетов и проектирования в соответствии с местными правилами. Эта адаптация является ключевым фактором для внедрения технологий внутри страны.

Третья (возможно, самая стратегически важная) возможность – это вынужденная акселерация внедрения следующего поколения цифровых технологий, таких как ИИ и цифровые двойники. Ограниченность доступа к передовым зарубежным BIM-системам может стать мощным стимулом для российских компаний и исследователей осваивать смежные технологии, которые представляют собой следующий шаг в развитии цифровизации. Примеры успешного применения таких технологий были показаны в начале статьи. Кроме того, можно отметить успехи компаний Lendlease и Skanska, которые:

1) автоматизировали генерацию проектов до 30–35 % с помощью информационных двойников;

2) добились сокращения сроков строительства на 20 % при реализации проекта метро в Стокгольме.

Указанные технологии могут быть реализованы на основе отечественных или гибридных платформ, что открывает новый вектор развития для российских компаний. Кроме того, федеральный закон, обязывающий все организации предоставлять статистические данные в электронном виде, создает огромный массив данных, который может быть использован для обучения ИИ-моделей и анализа рынка [6, 8].

Сравнительная эффективность моделей:

анализ экономического и операционного результата

Сравнительный анализ можно представить в виде табл. 3.

Таблица 3

Сравнение подходов к цифровизации строительства:
традиционные, российские и зарубежные [3, 5, 11, 14]

Критерий	Старые (традиционные) методы	Новые (цифровые) модели в РФ	Зарубежные модели
1	2	3	4
Основа	Бумажный документооборот, фрагментированные электронные файлы, ручные процессы	Комплексные государственные платформы (ЦУС, ЕЦПС), отечественное ПО	Строгое соответствие ISO 19650
Эффективность	—	Теоретически: сокращение сроков – 10–20 %, затрат – 5–10 %. Практически: низкий уровень внедрения, только на этапе проектирования	Теоретически: прописан в стандартах. Практически: сокращение сроков – 20 %, затрат – 10–15 %, сбережения исчисляются в миллионах долларов
Прозрачность	Непрозрачная, подвержена ошибкам и манипуляциям	Высокая на уровне государственных систем, но низкая на уровне отдельных проектов из-за инерции, несовершенства программного обеспечения и кадровых проблем	Высокая на уровне всей отрасли и жизненного цикла объекта

1	2	3	4
Ключевой барьер	Низкая производительность, высокий риск ошибки	Необходимо импортозамещение, обучение кадров	Высокие первоначальные инвестиции, обучение персонала, сложность интеграции
Ключевая возможность	—	Развитие отечественного программного обеспечения, региональное развитие	Создание глобального рынка, обмен практиками

Из анализа следует, что прямая адаптация зарубежных моделей в текущих условиях невозможна и неэффективна из-за юридических и технологических барьеров. Сравнение должно проводиться не по принципу «как они сделали», а по принципу «как мы можем сделать в наших условиях». Российская модель цифровизации строительства находится в процессе создания экосистемы, чья эффективность будет определяться не скоростью импорта технологий, а способностью решить три ключевые задачи: локализовать сложные программные и аппаратные комплексы, усовершенствовать инфраструктуру региона, модернизировать области ИИ и цифровых двойников для получения компенсационных выгод. Главным вопросом остается получение экономического эффекта. Для решения этого вопроса необходимы проекты с разными уровнями финансирования, как в европейской практике [11, 3].

Заключение

Подводя итоги, можно с уверенностью сказать, что наряду с геополитическими и экономическими факторами формируется уникальная, технологически суверенная и ориентированная на регионы модель цифрового управления в РФ. Эта обособленная модель характеризуется несколькими чертами, которые будут определять ее в ближайшие годы:

1) централизованное государственное управление и создание сквозной цифровой вертикали (позволит создать максимальный контроль над данными и процессами);

2) вынужденная локализация и технологический суверенитет (способность справиться с вызовами и предложить конкурентоспособные продукты);

3) акценты на региональном развитии и преодолении географического неравенства (равномерное развитие строительной отрасли вне зависимости от главных центров);

4) внедрение следующего поколения технологий (получение компенсационных выгод и борьба за повышение эффективности).

Таким образом, данная экосистема, несмотря на все трудности, имеет потенциал для создания уникальной модели, которая сможет обеспечивать технологический суверенитет и при этом способствовать развитию строительной отрасли во всех регионах России.

Библиографический список

1. Выживание корпораций в эпоху Индустрии 4.0: вспомогательная роль технологий цифровых двойников. URL: https://www.researchgate.net/publication/352657365Corporate_survival_in_Industry_40_era_the_enabling_role_of_digital_twin_technologies (дата обращения: 15.12.2025).

2. Егорова В. Цифровая платформа для управления строительством. 2024. URL: <https://academy.tsus.ru/czifrovaya-platforma-dlya-upravleniya-stroitelstvom/> (дата обращения: 15.12.2026).

3. SMART BUILDING – Bouygues Construction's Blog. URL: <https://www.bouygues-construction.com/blog/en/dossier-special/smart-building/> (дата обращения: 15.12.2025).

4. Оценка перспектив использования технологий информационного моделирования в жилищном строительстве в России на период до 2030 года. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-perspektiv-ispolzovaniya-tehnologiy-informatsionnogo-modelirovaniya-v-zhilischnom-stroitelstve-v-rossii-na-period-do-2030> (дата обращения: 15.12.2025).

5. Развитие технологий информационного моделирования в России. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-tehnologiy-informatsionnogo-modelirovaniya-v-rossii> (дата обращения: 15.12.2025).

6. Цифровая трансформация строительной отрасли России: опыт и перспективы BIM-технологий. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-stroitelnoy-otrasli-rossii-opyt-i-perspektivy-bimtehnologiy> (дата обращения: 15.12.2025).

7. Технологии информационного моделирования в строительной области. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-informatsionnogo-modelirovaniya-v-stroitelnoy-otrasli> (дата обращения: 15.12.2025).

8. Целесообразность использования BIM-технологий в строительстве: сравнение регионов Российской Федерации. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tselesoobraznost-ispolzovaniya-bim-tehnologiy-v-stroitelstve-sravnenie-regionov-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 15.12.2025).

9. Анализ проблем цифровизации в проектно-строительной деятельности в Российской Федерации. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-problem-tsifrovizatsii-v-proektno-stroitelnoy-deyatelnosti-vrossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 15.12.2025).

10. Информационное моделирование и проектирование многоэтажного жилого здания с использованием Российского программного обеспечения. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnoe-modelirovanie-i-proektirovanie-mnogoetazhnogo-zhilogo-zdaniya-sispolzovaniemrossiyskogo-programmnogo> (дата обращения: 15.12.2025).

11. Comparison of Data Integration Methods in BIM Tools for Monitoring. URL: https://www.researchgate.net/publication/394214513_Comparison_of_Data_Integration_Method_in_BIM_Tools_for_Structural_Engineering_An_Evaluation_through_Structural_AnalysisTools (дата обращения: 15.12.2025).

12. The Depth of Digitalization of Russia's Largest Construction. URL: www.researchgate.net/publication/395513695_The_depth_of_digitalization_of_Russia_largest_construction_sector_-_residential_construction (дата обращения: 15.12.2025).

13. Волк И. Цифровизация строительной отрасли в 2024 году // IBS – ведущая российская IT-сервисная компания. 2024. URL: <https://ibs.ru/media/tsifrovizatsiya-stroitelnoy-otrasli-v-2024-godu/> (дата обращения: 15.12.2026).

14. BIM, IoT, and GIS Integration in Construction Resource Monitoring. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658052500189X> (дата обращения: 15.12.2025).

ENHANCING FOREIGN DIGITAL MODELS WITH CONSIDERATION OF RUSSIA'S REGIONAL SPECIFICS: COMPARATIVE EFFECTIVENESS OF IMPLEMENTATION IN CONSTRUCTION

A.A. Artemyev, V.Yu. Artemyev

Abstract. *The article presents a comprehensive analysis of the adaptation of foreign digital models to the regional specifics of the Russian Federation. Attention is paid to the barriers and opportunities involved in transforming international practices—including ISO 19650 standards, BIM modeling, and digital twin technologies—within the context of Russia's policy of technological*

sovereignty, a shortage of qualified personnel, and an incomplete domestic regulatory and technical framework. The authors identify key differences in approaches: whereas project-oriented management models (such as design-build and construction management) dominate abroad, Russia continues to rely on the traditional general contracting model with an outdated organizational structure. By comparing the declared versus actual effectiveness of new digital methods (BIM/CIM) against conventional approaches, the study concludes that there is a need to develop a unique Russian model of digital construction, grounded in technology localization, the advancement of regional digital infrastructure, and the accelerated adoption of artificial intelligence and digital twin technologies.

Keywords: *regional economy, digital model, business processes, national construction industry, analysis, Russian Federation specifics, improvement.*

Об авторах:

АРТЕМЬЕВ Алексей Анатольевич – доктор экономических наук, профессор, декан инженерно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: aaartemev@rambler.ru

АРТЕМЬЕВ Владимир Юрьевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vladimir.artemyev02@mail.ru

About the authors:

ARTEMYEV Alexey Anatolyevich – Doctor of Economics, Professor, Dean of the Faculty of Civil Engineering, Tver State Technical University, Tver. E-mail: aaartemev@rambler.ru

ARTEMYEV Vladimir Yuryevich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladimir.artemyev02@mail.ru

СЕКЦИЯ 6 СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 378.1:331.105.4

КОЛЛЕКТИВНЫЙ ДОГОВОР В ВУЗЕ: ПРОБЛЕМА ИНФОРМИРОВАННОСТИ РАБОТНИКОВ

М.В. Блохина, Л.Г. Григорьев

© Блохина М.В., Григорьев Л.Г., 2026

***Аннотация.** Статья посвящена влиянию информированности работников на коллективно-договорное регулирование трудовых отношений в вузе. Рассмотрены источники получения информации о коллективном договоре, факторы, влияющие на уровень информированности. Проанализированы результаты социологического исследования, проведенного в Тверском государственном техническом университете.*

***Ключевые слова:** вузы, социальное партнерство, профсоюз, коллективный договор, информированность работников.*

Ключевым инструментом регулирования социально-трудовых отношений в вузе является коллективный договор, который нередко справедливо называют «малой Конституцией» организации. На его положениях основана вся система социального партнерства в образовательной организации высшего образования. Проблемы коллективно-договорного регулирования трудовых отношений хорошо известны. Это, например, формальный характер положений договора, отсутствие механизма их реализации, незаинтересованность администрации в выполнении закрепленных в договоре обязательств и др. [4]. Особо остро стоит проблема информированности членов трудового коллектива о коллективном договоре. В то же время именно от соблюдения коллективного договора во многом зависит эффективность социальной политики в университете [1].

Профсоюзная организация Тверского государственного технического университета (ТвГТУ) регулярно проводит социологические исследования, посвященные различным проблемам профсоюзной работы и вузовской жизни [2, 3]. Они позволяют обеспечить обратную связь с трудовым коллективом, найти возможные пути решения существующих проблем. В 2025 г. в ТвГТУ было проведено прикладное социологическое исследование, посвященное проблемам и перспективам развития

коллективно-договорного регулирования социально-трудовых отношений. В исследовательском проекте участвовали 25 сотрудников вуза – членов профсоюзной организации университета. Информанты представляли разные категории работников и различные структурные подразделения вуза. Использовался метод глубинного интервью. Один из блоков вопросов касался информированности респондентов о коллективном договоре, принятом в университете.

Анализ полученных данных показал противоречивую ситуацию: при полной осведомленности о существовании коллективного договора уровень знания его содержания остается крайне низким. Почти все работники понимают, что такой договор в вузе существует, однако мало тех, кто подробно знаком с его содержанием. Можно выделить четыре уровня информированности сотрудников о коллективном договоре.

Первый уровень – поверхностная осведомленность о существовании договора. Подавляющее большинство респондентов, оценивая уровень информированности, единогласно указали на то, что практически все сотрудники знают о наличии коллективного договора в вузе. Это знание не предполагает понимания содержания договора.

Второй уровень – общее знакомство с основными положениями. По мнению респондентов, такой уровень информированности характерен примерно для двух третей работников. Работники знакомы с положениями договора, которые значимы для них (например, «о скидке при оплате обучения родственников»). Значительная доля сотрудников «знают о его существовании, но глубоко не вникали и плохо знакомы с его содержанием, с основными положениями».

Третий уровень – знание ключевых положений договора. Такой уровень информированности присущ примерно пятой части сотрудников университета.

Четвертый уровень – полная осведомленность о содержании договора, глубокое и детальное знание всех его положений. Такое владение информацией характерно для совсем небольшой доли работников, которая, по оценкам участников исследования, составляет от 5 до 10 % всего контингента сотрудников.

По данным исследования, уровень информированности отчасти зависит от возраста сотрудников вуза, стажа работы, занимаемой должности. Самая высокая информированность наблюдается у некоторых групп сотрудников (руководства вуза, юристов, работников отдела кадров, специалистов по охране труда, членов профсоюзного комитета работников). Это обусловлено их непосредственным участием в разработке, выполнении положений и контроле за соблюдением договора.

Сравнительно высокая информированность характерна для более опытных сотрудников и активных членов профсоюза. Представители этой категории работников вуза лучше знакомы с основными положениями коллективного договора, чем их молодые коллеги. Вероятно, это связано с накопленным жизненным и профессиональным опытом, большей вовлеченностью в жизнь коллектива или более длительным трудовым стажем в организации, а также знаниями о деятельности профсоюза при заключении коллективного договора.

Низкая информированность характерна в первую очередь для молодых работников и рядовых сотрудников. По данным исследования, они чаще всего знают о существовании коллективного договора, но не вникают в его содержание. Если сотрудники не знают о своих правах и гарантиях, зафиксированных в договоре, они не могут ими пользоваться, что обесценивает сам документ. Непонимание содержания коллективного договора ведет к его восприятию как чисто формального документа, что подрывает доверие к институтам социального партнерства и снижает мотивацию к участию в профсоюзной жизни вуза.

Анализ ответов, касающихся источников получения информации о коллективном договоре, показывает наличие нескольких каналов. Можно выделить две группы источников, из которых сотрудники узнают о коллективном договоре вуза.

Во-первых, это официальные источники информации. Данные каналы призваны обеспечить системное и полное информирование, однако их эффективность воспринимается участниками исследования неоднозначно. Так, сотрудники отдела кадров при трудоустройстве знакомят новых работников с коллективным договором, и данный источник является для них первичным. Однако, как отмечают респонденты, это знакомство часто носит формальный характер и не гарантирует глубокого понимания положений коллективного договора. Еще одним источником информации является официальный сайт вуза, в частности его профсоюзная страница. Электронный вариант коллективного договора, размещенный на сайте университета, делает его общедоступным. Тем не менее, как подчеркивают интервьюируемые, «едва ли кто-то специально изучает на сайте коллективный договор», так как «не доходят руки» ознакомиться с ним. Обсуждение вопросов содержания коллективного договора происходит также «на отчетно-выборных профсоюзных конференциях», к которым «готовятся, направляют делегатов от подразделений». Это важный, но не всегда доступный для всех работников университета канал получения информации о коллективном договоре. Информация также может поступать «от администрации вуза». В административных службах есть распечатанный коллективный

договор для работы, что указывает на его доступность для профессионального использования, но не для широкого ознакомления всеми желающими.

Во-вторых, существуют неформальные источники получения информации о коллективном договоре. Эти каналы, несмотря на свою неофициальность, играют ключевую роль. Так, общение с коллегами является одним из наиболее часто упоминаемых респондентами источников информации о коллективном договоре. Члены профкома университета и профорги структурных подразделений – это еще один источник информации. По словам участников опроса, информацию о коллективном договоре можно получить «в первую очередь от членов профкома», «от членов профсоюза, особенно от профоргов на тех факультетах, где профорги активные». Их активность напрямую влияет на уровень информированности.

Знание о коллективном договоре часто актуализируется, когда сотрудники «оказываются в ситуациях, подпадающих под действие коллективного договора». Это говорит о реактивном характере получения информации – поиск начинается при возникновении конкретной потребности. Результаты исследования показывают, что проблема информированности о коллективном договоре в вузе заключается не столько в отсутствии источников, сколько в низкой активности и низкой вовлеченности сотрудников. Информацию о коллективном договоре можно получить по многим каналам, однако сотрудники, как правило, не ищут ее, а узнают о ней, когда возникает какая-то конкретная ситуация.

Уровень информированности сотрудников вуза о коллективном договоре формируется под воздействием нескольких взаимосвязанных факторов, которые можно разделить на институциональные, индивидуальные и коммуникативные.

Институциональные факторы связаны с активностью администрации вуза и профкома: респонденты подчеркивают, что «от активности профсоюза и администрации вуза» напрямую зависит, насколько хорошо коллектив будет информирован. Чем больше усилий прилагается для донесения информации о ходе переговоров, содержании и дополнениях коллективного договора, тем выше уровень информированности. Важно «стремление администрации вуза и профкома информировать работников». Отмечается также важность обязательства «руководителей подразделений знакомить с коллективным договором работников в момент внесения изменений», а также их общая «ответственность за выполнение положений договора».

Индивидуальные факторы определяются личной заинтересованностью и активностью сотрудника. По словам участников исследовательского проекта, информированность о коллективном договоре «зависит в основном от активной позиции самого сотрудника». Если у сотрудника есть «личная заинтересованность» или «стремление к тщательному изучению документов», его уровень информированности будет выше. Однако, как отмечают респонденты, «большинству эта информация неинтересна, поэтому и искать ее без особой необходимости не будут». Уровень информированности связан также с пониманием сотрудниками важности коллективного договора для личного благополучия. Когда работник видит «практическую значимость» и то, что коллективный договор «напрямую может повлиять на трудовую деятельность», его мотивация к изучению этого документа возрастает.

Как отмечали респонденты, уровень знаний «зависит от доступности информации». Чем более легкодоступна информация, тем выше шанс, что с ней ознакомятся работники университета.

Очевидно, что деятельность профсоюзной организации по повышению уровня информированности сотрудников о коллективном договоре должна учитывать все названные факторы. Участники глубинного интервью предложили ряд мер, способствующих расширению знаний о коллективном договоре.

Во-первых, необходимо развивать каналы распространения информации. Рекомендуется «регулярно и систематически доносить до работников информацию» через «всевозможные каналы», активнее задействовать «сайт вуза», «официальную страницу во "ВКонтакте"», «социальные сети университета». Целесообразно публиковать информацию в газете «Политехник», журнале «Стадион», а также распространять бумажные экземпляры договора «во всех деканатах, на всех кафедрах, в других структурных подразделениях».

Во-вторых, требуется повышение мотивации к изучению коллективного договора, раскрытие практической значимости подобной информации для работников. Участники исследования утверждали, что нужно «приводить реальные примеры практической значимости знаний о коллективном договоре», показывать, что «коллективный договор напрямую может повлиять на трудовую деятельность работника». Не менее важно привлекать коллег к обсуждению и корректировке положений коллективного договора, «собирать предложения сотрудников и вносить по возможности необходимые изменения». Респонденты указывали также на необходимость «проводить компактные программы внутривузовского повышения квалификации, посвященные социальным правам работников вуза, положениям коллективного договора, корпоративной культуре».

Исследование показало, что уровень информированности о коллективном договоре в вузе не может быть повышен лишь путем размещения соответствующих документов в публичном доступе. Необходимо перейти от пассивного информирования работников к систематической и многосторонней коммуникативной стратегии, которая учитывает как институциональную ответственность, так и индивидуальные потребности и мотивацию сотрудников. Ключевыми элементами успеха являются активизация всех каналов распространения информации, вовлечение в информационную деятельность профоргов, руководителей подразделений, а также демонстрация практической ценности коллективного договора для каждого члена коллектива. Только такой подход поможет превратить коллективный договор из формального документа в реально действующий инструмент регулирования социально-трудовых отношений в вузе.

Библиографический список

1. Батуева Г.Г. Социальная политика в техническом университете // Высшее образование в России. 2015. № 4. С. 104–109.
2. Блохина М.В., Григорьев Л.Г. Социологическое сопровождение деятельности профсоюзной организации современного вуза // Образование в XXI веке: сборник научных трудов, посвященный 95-летию со дня рождения профессора Т.П. Долговой (1930–2000) / под общ. ред. Э.Ю. Майковой. Тверь: ТвГТУ, 2025. С. 13–18.
3. Блохина М.В., Григорьев Л.Г. Информационная деятельность профсоюзной организации современного вуза // Проблемы управления в социально-гуманитарных, экономических и технических сферах: тринадцатый ежегодный сборник научных трудов преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов факультета управления и социальных коммуникаций ТвГТУ: в 2 ч. / под общ. ред. И.И. Павлова. Тверь: ТвГТУ, 2025. Ч. 2. С. 5–10.
4. Присекин А.В., Новиков А.С. Проблемы реализации коллективного договора в трудовом законодательстве РФ // Балтийский гуманитарный журнал. 2020. Т. 9. № 4 (33). С. 356–359.

COLLECTIVE BARGAINING AGREEMENT AT UNIVERSITY: PROBLEM OF EMPLOYEE AWARENESS

M.V. Blokhina, L.G. Grigoryev

Abstract. *The article is devoted to the impact of employee awareness on the collective agreement regulation of labor relations at university. Sources of information about the collective agreement, factors affecting the level of awareness were considered. The results of a sociological study conducted at the Tver State Technical University have been analyzed.*

Keywords: *universities, social partnership, trade union, collective agreement, employee awareness.*

Об авторах:

БЛОХИНА Марина Валерьевна – кандидат социологических наук, доцент кафедры социологии и социальных технологий, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: bmvtsu@mail.ru

ГРИГОРЬЕВ Леонид Геннадьевич – кандидат философских наук, профессор кафедры социологии и социальных технологий, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: grig1969@rambler.ru

About the authors:

BLOKHINA Marina Valeryevna – Candidate of Sociological Sciences, Associate Professor of the Department of Sociology and Social Technologies, Tver State Technical University, Tver. E-mail: bmvtsu@mail.ru

GRIGORYEV Leonid Gennadyevich – Candidate of Philosophical Sciences, Professor of the Department of Sociology and Social Technologies, Tver State Technical University, Tver. E-mail: grig1969@rambler.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Проблемы

социально-экономического развития региона

Карцева В.В., Дмитриев Е.Е. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	3
Пантелеев А.В., Лохматов В.В., Евграфова Т.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИИ ПОВЕДЕНИЯ ФИРМЫ В УСЛОВИЯХ УСИЛЕНИЯ КОНКУРЕНЦИИ	11
Разиньков П.И., Разинькова О.П., Шабанов Д.А. УПРАВЛЕНИЕ ОСНОВНЫМИ ФОНДАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ	17
Разинькова О.П., Пантелеев А.В., Нурмамедов В., Петрова М.И. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ	22
Яконовская Т.Б., Шибанов С.С. АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ИНСТРУМЕНТОВ И САДОВОЙ ТЕХНИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА	28

Секция 2. Производство строительных материалов, строительство и строительные технологии

Баркая Т.Р., Субботин С.Л., Бровкин А.В., Артемьев В.Ю. ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ НА РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ: СРАВНЕНИЕ БЕСКАПИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПЛИТ С КАПИТЕЛЯМИ	33
Дарбинян А.А., Курятников Ю.Ю., Трофимов В.И., Смирнов М.А. АРМИРОВАНИЕ И САМОАРМИРОВАНИЕ ГИПСОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	46
Джемилева Д.Р., Двужилов А.С., Киселев А.Д. ВНЕЦЕНТРЕННОЕ РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ	59
Кравченко Н.А., Белов В.В., Трофимов В.И., Петропавловская В.Б. ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ	66
Кузьминых А.С., Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б., Курятников Ю.Ю. ГЕОПОЛИМЕРНЫЕ ВЯЖУЩИЕ И БЕТОНЫ ...	74
Лаптев Е.А., Двужилов А.С., Киселев А.Д. МОСТОСТРОЕНИЕ: ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ	82
Матвеева Д.Р., Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б., Белов В.В. ВЫСОКОПРОЧНЫЕ РЕАКЦИОННО-ПОРОШКОВЫЕ (МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ) БЕТОНЫ	86

Михайлов И.А., Двужилов А.С., Киселев А.Д. БЕТОННЫЕ РАБОТЫ ЗИМОЙ: ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И АНТИФРИЗЫ ...	92
Новиков М.В., Двужилов А.С., Киселев А.Д. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСИЛЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА СЛАБЫХ И ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ	96
Озимков Д.С., Двужилов А.С., Киселев А.Д. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ МАТЕРИАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ	100
Сизов Ю.В., Дмитриев И.А. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОЗДАНИЮ БЕЗОПАСНОЙ И ДОСТУПНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ТАКТИЛЬНЫХ НАПОЛЬНЫХ УКАЗАТЕЛЕЙ В ГОРОДЕ ТВЕРЬ	104
Соловьев И.А., Двужилов А.С., Киселев А.Д. ЭВОЛЮЦИЯ СТЕКЛА В АРХИТЕКТУРЕ: ОТ ПРОСТОГО ОКНА ДО КЛЮЧЕВОГО КОНСТРУКТИВНОГО ЭЛЕМЕНТА	113
Федотова В.А., Новиченкова Т.Б., Смирнов М.А., Курятников Ю.Ю. ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ БЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТОРФА.....	118
Халилов К.А., Двужилов А.С., Киселев А.Д. РАСЧЕТ И УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ	126
Цыганов А.Е., Двужилов А.С., Киселев А.Д. АРМИРОВАНИЕ БЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ	131
Яковлев С.Г., Богданов К.А., Субботин С.Л., Баркая Т.Р. СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	137
Яковлев С.Г., Богданов К.А., Субботин С.Л., Баркая Т.Р. УСИЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СЕКЦИИ ЗДАНИЯ ЗАВОДА ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	147
Яконовская Т.Б., Мамедов Н.Э., Коняев А.П. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ.....	155
Яконовская Т.Б., Мамедов Н.Э., Мальевский М.В. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ И ДИНАМИКИ ЦЕН НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	160
 Секция 3. Машиностроение и металлообработка	
Кондратьев А.В., Кочканян С.М., Павлов Ю.Н., Оганесов Д.В., Вельдяков Д.И., Соков Е.А., Горшков Д.А. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СХЕМЫ ВАЛКОВЫХ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ КАМНЕУБОРОЧНЫХ МАШИН	167

Яконовская Т.Б. МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ДОБЫЧЕ ТОРФА (ЧАСТЬ 2)	173
Секция 4. Химия, химическая и биотехнология	
Сидорова Ю.В., Сидоров К.В. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ШОКОЛАДА	180
Секция 5. Информационные технологии, программное обеспечение и системы автоматизации в промышленном производстве	
Артемьев А.А., Артемьев В.Ю. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНОЙ СПЕЦИФИКИ РФ: СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	187
Секция 6. Социогуманитарные исследования	
Блохина М.В., Григорьев Л.Г. КОЛЛЕКТИВНЫЙ ДОГОВОР В ВУЗЕ: ПРОБЛЕМА ИНФОРМИРОВАННОСТИ РАБОТНИКОВ.....	203

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ

Материалы X Всероссийской
научно-практической конференции

Редактор С.В. Борисов
Корректор С.В. Зорикова

Подписано в печать 21.08.2026

Формат 60 × 84/16

Физ. печ. л. 13,25

Тираж 100 экз.

Усл.-печ. л. 12,32

Заказ № 39

Бумага писчая

Уч.-изд. л. 11,53

С – 39

Редакционно-издательский центр
Тверского государственного технического университета
170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22