

УДК 691.7

О. В. Бурлаченко, С. А. Чебанова, С. Н. Медведев

Волгоградский государственный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ

Рассматриваются современные тенденции и перспективы применения оцинкованной стали в строительстве, что обусловлено ее высокой коррозионной стойкостью, оптимальным соотношением прочности и веса, а также экономической эффективностью. Оцинкованная сталь занимает важное место в промышленности и строительстве из-за ряда ключевых преимуществ и уникальных свойств, которые делают ее особенно актуальным материалом. Спрос на оцинкованный прокат растет ежегодно и связан с развитием строительных технологий и увеличением требований к устойчивости материалов. Анализируются ключевые аспекты использования данного материала, включая технологии подготовки и обработки оцинкованной стали, современные методы сборно-монтажных работ, вопросы стандартизации и контроля качества. Особое внимание уделено интеграции цифровых технологий и автоматизированных систем управления строительными процессами, что способствует оптимизации организации работ и повышению надежности конструкций. Исследование направлено на выявление проблемных позиций в существующих методах и разработку инновационных подходов, способных обеспечить устойчивое развитие инфраструктуры, снижение эксплуатационных расходов и улучшение экологических показателей в строительстве. Результаты работы могут стать базой для дальнейших теоретических и прикладных исследований в области инновационных строительных технологий с использованием оцинкованной стали.

К л ю ч е в ы е с л о в а: оцинкованная сталь, строительство, цифровые технологии, автоматизированные системы управления, сборно-монтажные технологии.

Оцинкованная сталь — это материал, использующийся в производстве, и строительстве при проведении кровельных работ. Ее широкое распространение обусловлено способностью выдерживать агрессивную внешнюю среду, не подвергаясь коррозии. Благодаря антикоррозионным свойствам металл обладает высокой устойчивостью к механическим нагрузкам, при этом отличается малым весом и удобством в использовании. Одна из самых важных особенностей оцинкованной стали — ее антикоррозионные свойства. Кроме того, существуют и другие достоинства: устойчивость к ультрафиолету, высоким температурам, твердость, высокая прочность сцепления цинка со сталью, износостойкость, безопасность для здоровья.

Стальные оцинкованные листы сравнительно легкие, не боятся влаги и конденсата, устойчивы к воздействиям газообразных сред. Оцинкованную сталь довольно легко штамповать, подвергать значительной пластической деформации и складировать. Стальные листы удобно гнуть и резать, а термическая обработка только увеличивает их прочность. В числе преимуществ оцинкованных стальных листов выделяют следующие характеристики¹:

- цинковое покрытие защищает стальной лист от образования коррозии;
- оцинкованная сталь экономически выгодна из-за небольшой рыночной цены;

¹ URL: <https://zinker.ru/blog/otsinkovannaya-stal-svojstva-klassifikatsiya-gost-sfery-primeneniya/?ysclid=m8qe7kwq4k51250853/>

- во многих сферах, где используется оцинкованная сталь, ее срок годности достигает 40 и более лет;
- она удобна в использовании при выполнении ряда работ, например, кровельных;
- оцинкованная сталь является более огнестойкой, чем многие другие виды стали.
- хорошо работает в условиях низких температур;
- сравнительно небольшой вес делает ее незаменимой в таких сферах, как строительство и авиастроение.

Однако выделяется и ряд недостатков:

- оцинкованный лист не подвергается соединению сваркой;
- покрывной слой должен быть не менее 15 мкм во избежание быстрого износа;
- для цинкования стальных листов требуются дополнительные трудоемкие подготовительные операции.

На сегодняшний день оцинкованный стальной прокат считается востребованным материалом на мировом и отечественном рынках, спрос на этот вид металлопродукции ежегодно растет, стремительно увеличивается его применение в строительном производстве. В отличие от черного металла оцинкованная сталь объединяет в себе прочность стали с коррозионной стойкостью цинка и краски, при этом она имеет прекрасный внешний вид [1].

Современное строительство сталкивается с необходимостью повышения энергоэффективности, экологической безопасности и долговечности возводимых объектов. В этом контексте оцинкованная сталь занимает особое место благодаря своим уникальным эксплуатационным характеристикам: высокой коррозионной стойкости, оптимальному соотношению прочности и веса, а также экономичности при массовом производстве и монтаже [2—4]. Растущий спрос на устойчивые и экономически эффективные материалы обуславливает переход к использованию инновационных технологий и материалов. Рост урбанизации и индустриализация строительного процесса требуют использования материалов, способных обеспечить надежность конструкций в условиях повышенных нагрузок и агрессивных внешних факторов, что делает применение оцинкованной стали актуальным направлением научных исследований и практических разработок [5—7]. Интеграция инновационных организационно-технологических решений в строительный процесс позволяет снизить затраты, оптимизировать сроки возведения объектов и обеспечить стандартизацию качества работ.

Помимо технических характеристик оцинкованная сталь обеспечивает снижение затрат на ремонт и обслуживание конструкций, что в долгосрочной перспективе повышает экономическую эффективность строительства. С другой стороны, ее использование способствует сокращению потребления ресурсов, т. к. многие компоненты можно перерабатывать, а сама технология оцинковки позволяет продлить срок службы конструкций и уменьшить количество отходов. Таким образом, актуальность темы обусловлена не только техническими, но и экологическими и экономическими аспектами современного строительства [8].

Унификация строительных норм и развитие международных стандартов создают предпосылки для массового внедрения технологий, связанных

с использованием оцинкованной стали. Обмен опытом между отечественными и зарубежными специалистами, а также адаптация лучших практик к локальным условиям, стимулируют развитие новых организационно-технологических решений [9—12]. Это, в свою очередь, открывает широкие перспективы для повышения качества строительства и ускорения процессов возведения объектов.

Целью настоящего исследования является всесторонний анализ современных тенденций применения оцинкованной стали в строительстве и выявление перспектив развития в данной области. Для достижения этой цели сформулированы и решены следующие *задачи*:

- провести обзор отечественного и зарубежного опыта применения оцинкованной стали в строительстве;
- проанализировать технологические особенности подготовки, транспортировки и монтажа оцинкованной стали;
- проанализировать проблемы стандартизации и контроля качества конструкций с использованием данного материала;
- установить влияние цифровых технологий и автоматизированных систем управления строительными процессами на эффективность применения оцинкованной стали;
- разработать рекомендации по совершенствованию организационно-технологических решений для повышения конкурентоспособности строительной отрасли.

История использования оцинкованной стали в строительстве насчитывает несколько десятилетий. Первоначально технология оцинковки использовалась для защиты стали от коррозии в условиях повышенной влажности и агрессивных климатических условий. С развитием технологий и совершенствованием методов нанесения защитного слоя оцинкованная сталь стала применяться в различных отраслях строительства, включая мостостроение, возведение промышленных зданий и инфраструктурных объектов [13].

Сегодня наблюдается активное внедрение современных технологий, направленных на повышение качества и эффективности использования оцинкованной стали [14]. В исследованиях подчеркивается, что применение цифровых инструментов, в частности BIM-моделирования, позволяет оптимизировать проектные решения и существенно сократить сроки строительства. Дополнительно инновационные методы неразрушающего контроля и автоматизированные системы управления способствуют улучшению качества монтажа и последующего обслуживания конструкций. Наблюдается тенденция к стандартизации технологических процессов, что позволяет обеспечить единое качество конструкций при массовом производстве [14].

Материалы и методы

Предметом данного исследования являются организационно-технологические решения, применяемые в строительстве с использованием оцинкованной стали. На основе анализа исследований [14—16] авторами предложены рекомендации по составлению алгоритма проведения исследований, направленных на совершенствование технологий применения оцинкованной стали на различных этапах жизненного цикла объекта (рис. 1).

Современные автоматизированные системы управления играют важную роль в оптимизации строительных процессов. Они позволяют не только контролировать качество выполнения работ, но и планировать логистику,

организовывать взаимодействие между различными звеньями производственной цепочки и оперативно реагировать на возникающие проблемы. Внедрение таких систем в процессы строительства с использованием оцинкованной стали снижает временные и финансовые затраты, а также улучшает безопасность работ за счет автоматизированного контроля ключевых параметров. Практическое применение этих систем в ряде пилотных проектов свидетельствует об их высокой эффективности и перспективах дальнейшего развития.

Цифровые технологии не ограничиваются лишь стадией строительства. Современные системы мониторинга и управления эксплуатацией зданий позволяют осуществлять постоянный контроль состояния конструкций, проводить диагностику и прогнозировать необходимость ремонта или замены отдельных элементов. Это особенно актуально для оцинкованной стали, где правильное функционирование защитного слоя имеет решающее значение для долговечности конструкции. Интеграция датчиков, автоматизированных систем анализа данных и платформ для удаленного мониторинга становится важным инструментом в обеспечении безопасности и экономической эффективности эксплуатации объектов.

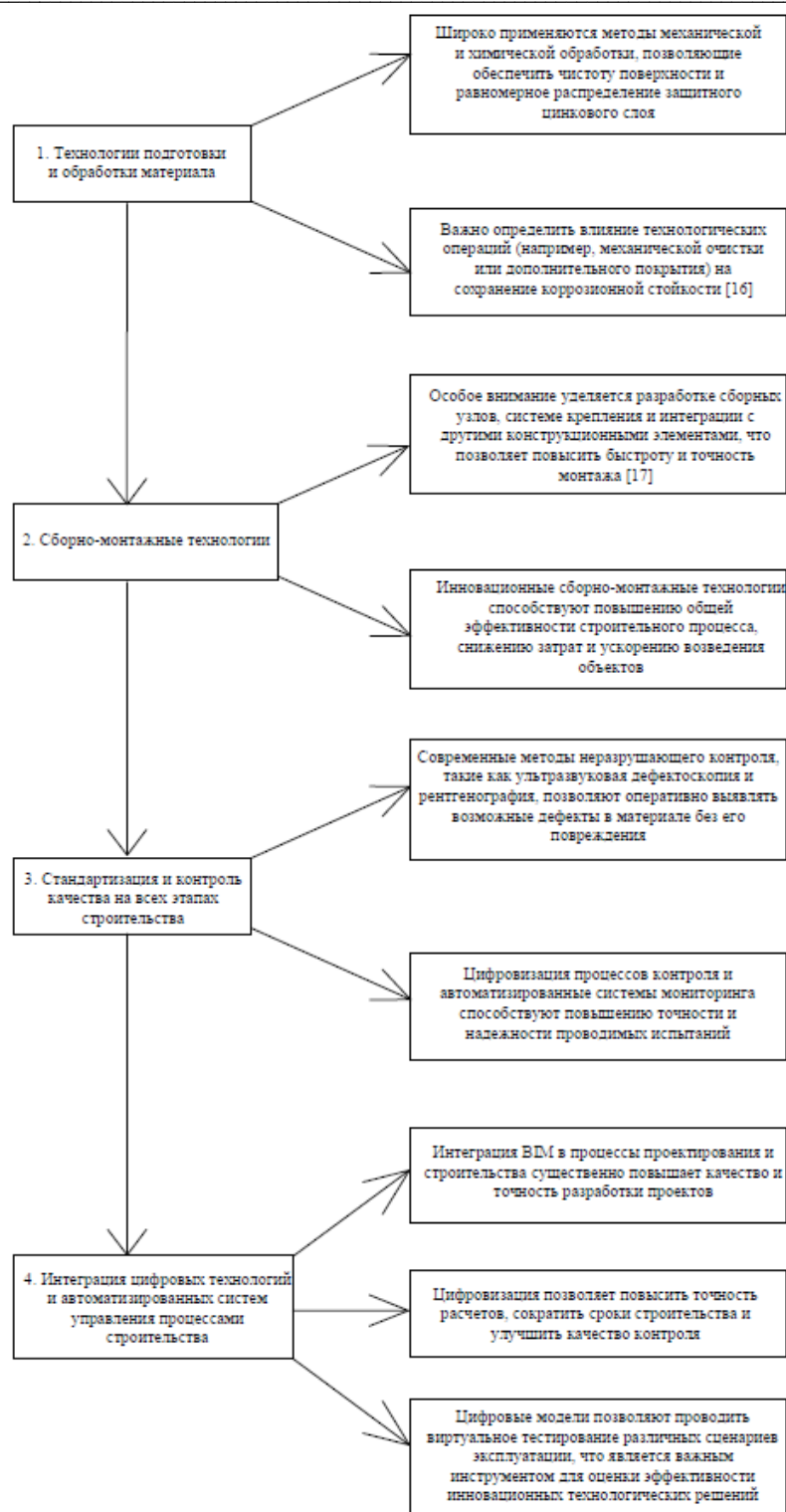
Эти аспекты представляют собой комплексное взаимодействие технологических и организационных решений, направленных на повышение эффективности использования оцинкованной стали в строительстве.

Несмотря на значительные достижения в технологии оцинковки, остаются проблемы, связанные с подготовкой и обработкой материала. К числу основных относятся:

- нарушения технологического режима при хранении и транспортировке, приводящие к неравномерности защитного покрытия;
- сложности интеграции инновационных методов подготовки материала в традиционные производственные цепочки;
- ограничения, связанные с несовершенством оборудования для массового производства элементов из оцинкованной стали.

Одним из ключевых вызовов остается несовершенная нормативно-правовая база, регулирующая применение оцинкованной стали в строительстве. Отсутствие единых стандартов в некоторых аспектах приводит к разночтениям в подходах к обработке и монтажу материала, что влечет за собой снижение общей эффективности строительного процесса. Различия в стандартах между странами, а также недостаточная адаптация международного опыта к отечественным условиям создают барьеры для внедрения инновационных технологий. Вопрос унификации стандартов является приоритетным направлением для дальнейших исследований и практических рекомендаций, позволяющим обеспечить единообразие подходов и повысить качество конечного продукта.

Экономическая эффективность использования оцинкованной стали напрямую зависит от выбора технологий и организационно-технологических решений [17]. Неправильная организация процессов подготовки, монтажа и контроля качества может привести к увеличению затрат, снижению эксплуатационных характеристик конструкций и увеличению расходов на их обслуживание. Вместе с тем экологические аспекты требуют от специалистов поиска решений, минимизирующих воздействие на окружающую среду, что связано с необходимостью внедрения технологий переработки и вторичного использования материалов (см. рис.) [18—21].



Алгоритм совершенствования технологий применения оцинкованной стали на различных этапах жизненного цикла

Результаты

Выявлены ключевые направления развития применения оцинкованной стали в строительной отрасли. Установлено, что наиболее активно оцинкованная сталь используется в каркасном и модульном строительстве благодаря своей долговечности и устойчивости к коррозии.

Анализ зарубежного опыта показал рост интереса к технологиям горячего цинкования как наиболее эффективному методу защиты стали. В российских условиях перспективным направлением признано применение легких стальных тонкостенных конструкций при возведении жилых и промышленных объектов. Предложена система мер по совершенствованию нормативной базы и развитию стандартов для строительства с использованием оцинкованной стали. Практическая значимость исследования заключается в формировании рекомендаций по повышению эффективности применения данных материалов в строительстве.

Перспективы развития и рекомендации

В результате проведенных исследований разработана методика повышения эффективности строительных технологий с применением оцинкованной стали:

1. Разработка интегрированных моделей управления строительными процессами с применением цифровых технологий — одно из направлений дальнейшего развития. Такие модели должны объединять в себе BIM-моделирование, автоматизированные системы контроля качества и логистики, а также методы неразрушающего контроля. Интеграция технологий позволит не только оптимизировать процесс строительства, но и повысить эффективность эксплуатации объектов в долгосрочной перспективе.

2. Совершенствование технологических процессов включает разработку новых методов подготовки оцинкованной стали, улучшение систем хранения и транспортировки, а также внедрение инновационных сборно-монтажных технологий. Особое внимание должно уделяться разработке оборудования, способного обеспечить высокую точность нанесения защитного слоя и контроль качества обработки на всех этапах производства.

3. Укрепление нормативно-правовой базы — разработка и внедрение единых стандартов на национальном и международном уровнях являются одними из приоритетных направлений для повышения качества и конкурентоспособности строительных процессов с использованием оцинкованной стали. Важно обеспечить тесное сотрудничество между научными учреждениями, отраслевыми экспертами и государственными органами, что позволит выработать единый подход к контролю качества, стандартизации технологических процессов и сертификации продукции.

4. Выработка инноваций в обеспечении экологической безопасности с учетом глобальных тенденций устойчивого развития требует особого внимания в строительных технологиях. Разработка методов вторичной переработки оцинкованной стали, снижение объема отходов и минимизация негативного воздействия на окружающую среду являются ключевыми задачами для специалистов отрасли. Внедрение инновационных технологий, направленных на повышение экологической устойчивости строительства, позволит обеспечить долгосрочную экономическую эффективность и соответствие современным требованиям экологического законодательства.

Выводы

Применение оцинкованной стали в строительстве является перспективным направлением, способным удовлетворить современные требования к долговечности, экономической эффективности и экологической безопасности объектов. Интеграция цифровых технологий и автоматизированных систем управления позволяет не только оптимизировать процессы на всех стадиях строительства, но и значительно повысить надежность и качество конечного продукта.

Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых технологических решений, совершенствования нормативной базы и внедрения инновационных подходов в практическую деятельность строительных компаний.

Проведен всесторонний анализ современных тенденций и перспектив использования оцинкованной стали в строительстве, на основании которого предложены рекомендации по составлению алгоритма проведения исследований, направленных на совершенствование технологий применения оцинкованной стали на различных этапах жизненного цикла. Алгоритм предлагает рассмотрение ключевых технологических аспектов, таких как подготовка и обработка материала, сборно-монтажные технологии, контроль качества и стандартизация, а также влияние цифровизации на процессы проектирования и эксплуатации конструкций. Выявленные проблемные позиции и вызовы позволили сформировать рекомендации по совершенствованию организационно-технологических решений, способных обеспечить устойчивое развитие отрасли: применение интегрированных систем управления, совершенствование технологических процессов и укрепление нормативно-правовой базы в качестве приоритетных направлений дальнейших исследований и практической реализации инновационных технологий.

Таким образом, внедрение предложенной методики повышения эффективности строительных технологий с применением оцинкованной стали позволит не только оптимизировать производственные процессы, но и существенно повысить качество и долговечность строительных объектов, что соответствует глобальным тенденциям в развитии инфраструктуры и строительства в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Фаткулина Л. М., Пискунов С. Ю.* Перспективы применения оцинкованного металлопроката // Молодежь и наука: сб. мат. VII всероссийской науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 50-летию первого полета человека в космос. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2011. URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section231.html/>
2. *Павлов В. С., Смирнов А. Г., Гордеев А. А.* Коррозионная стойкость оцинкованной стали в контакте с водными растворами противогололедных материалов // Научно-образовательная среда как основа развития интеллектуального потенциала сельского хозяйства регионов России : мат. междунаrod. науч.-практ. конф., посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ. 2021. Чебоксары : Чувашский государственный аграрный университет, 2021. С. 242—244.
3. *Кеше Г.* Коррозия металлов : физико-химические принципы и актуальные проблемы. М. : Металлургия, 1984. 400 с.
4. *Родионова И. Г., Амежнов А. В., Зайцев А. И.* Коррозионная стойкость нелегированных и низколегированных сталей в нейтральных водных средах : монография // Государственный

научный центр Российской Федерации ФГУП «ЦНИИчермет им. И. П. Бардина». М.: Металлургиздат, 2021. 387 с.

5. Новоселова Е. А., Ивахнюк С. Г. Выбор коррозионностойких сталей и сплавов на основе железа для предотвращения чрезвычайных ситуаций, вызванных коррозией нефтепроводов // Техносферная безопасность. 2021. № 2(31). С. 11—20.

6. Матыс В. Г., Ашуйко В. А., Новикова Л. Н. Повышение коррозионной стойкости оцинкованной стали с помощью неорганических ингибиторов // Менделеевские чтения : сб. мат. республиканской науч.-практ. конф. по химии и химическому образованию. 2019. Брест : Установа адукацыі «Брэсцкі дзяржаўны ўніверсітэт імя А. С. Пушкіна», 2019. С. 111—115.

7. Защита оцинкованной стали от атмосферной и кислотной коррозии с помощью ингибиторов / О. С. Бывшева, А. С. Коновалов, Д. А. Жирухин, Ю. И. Капустин, Т. А. Ваграмян // Успехи в химии и химической технологии. 2021. Т. 35. № 8(243). С. 94—97.

8. Асоров А. А. Защитные свойства антикоррозионных покрытий стальных тонкостенных профилей для ограждающих конструкций // Актуальные научные исследования : сб. статей IV международ. науч.-практ. конф. Пенза : Наука и Просвещение, 2022. С. 113—115.

9. Chou S. M., Rhodes J. Review and compilation of experimental results on thin-walled structures // Computers & Structures. 1997. Vol. 65. Iss. 1. Pp. 47—67.

10. Amundarain A., Torero J., Usmani A., Al-Remal A. Light Steel Framing: Improving the Integral Design [electronic resource] System Requirements: AdobeAcrobatReader. URI: <http://hdl.handle.net/1842/1409>.

11. Basaglia C., Camotim D., Silvestre N. Post-buckling analysis of thin-walled steel frames using generalized beam theory (GBT) // Thin-Walled Structures. 2013. Vol. 62. Pp. 229—242.

12. Niemenen J., Salonvaara M. Hydrothermal performance of light steel-framed walls // Espoo 2000. Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita — Medelanden — Research Notes 2070. 26 p.

13. Актуганов А. Н. Долговечность стальных листов покрытий зданий промышленных предприятий // Коррозия строительных конструкций и оборудования. Методы их защиты. 1982. С. 61—65.

14. Альхименко А. И., Ватин Н. И., Рыбаков В. А. Технология легких стальных тонкостенных конструкций. СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2008. 27с.

15. Ананина М. В., Бересенева Н. А., Шуровкина Л. Л. Влияние коррозии на легкие стальные тонкостенные конструкции // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 7(22). С. 54—70.

16. Sedlacek G., Bild J., Ungermann D. On the buckling of plates — Some recent developments in light weight structures // 4th international conference on aluminium weldments, Tokyo. 1988. Pp. 10—17.

17. Павлов А. Б., Айрумян Э. Л., Камынин С. В., Каменчиков Н. И. Быстровозводимые малоэтажные жилые здания с применением легких стальных тонкостенных конструкций // промышленное и гражданское строительство. 2006. № 9. С. 51—53.

18. Robert J. Light Gauge Steel Framing: Interiors // Construction Dimensions. 1990. No. 2. Pp. 13—17.

19. Werner M. Building with steel // Buildings. 2000. No. 2. 30 p.

20. Бурлаченко О. В., Чебанова С. А., Меньйлова Р. А., Шестаков А. В. Исследование эффективности применения легких стальных тонкостенных конструкций в строительстве зданий средней этажности // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 2(95). С. 6—13.

21. Поляков В. Г., Чебанова С. А., Шестаков А. В. Перспектива применения легких стальных тонкостенных конструкций в Волгоградской области // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. Вып. 1(90). С. 33—42.

© Бурлаченко О. В., Чебанова С. А., Медведев С. Н., 2025

Поступила в редакцию
26.05.2025

Ссылка для цитирования:

Бурлаченко О. В., Чебанова С. А., Медведев С. Н. Исследование факторов повышения эффективности строительных технологий с применением оцинкованной стали // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 3(100). С. 13—21. DOI: 10.35211/18154360_2025_3_13.

Об авторах:

Бурлаченко Олег Васильевич — д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; burlachenkoov@vgasu.ru

Чебанова Светлана Александровна — канд. техн. наук, доц. каф. технологий строительного производства, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; sveta_nes@mail.ru

Медведев Сергей Николаевич — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

Oleg V. Burlachenko, Svetlana A. Chebanova, Sergey N. Medvedev

Volgograd State Technical University

**THE INVESTIGATION OF THE CONSTRUCTION TECHNOLOGIES
USING GALVANIZED STEEL EFFICIENCY INCREASING FACTORS**

The article discusses current trends and prospects for the use of galvanized steel in construction, which is due to its high corrosion resistance, optimal strength-to-weight ratio, and cost-effectiveness. Galvanized steel plays an important role in industry and construction due to its key advantages and unique properties that make it a highly relevant material. The demand for galvanized steel products is growing annually, driven by advancements in construction technologies and increased requirements for material sustainability. The article analyzes key aspects of using this material, including technologies for preparing and processing galvanized steel, modern methods of prefabrication and installation, and issues of standardization and quality control. Special attention is paid to the integration of digital technologies and automated construction management systems, which helps to optimize the organization of work and improve the reliability of structures. The research is aimed at identifying problem areas in existing methods and developing innovative approaches capable of ensuring sustainable infrastructure development, reducing operating costs and improving environmental performance in construction. The results of the work can become the basis for further theoretical and applied research in the field of innovative construction technologies using galvanized steel.

Key words: galvanized steel, construction, digital technologies, automated control systems, assembly and assembly technologies.

For citation:

Burlachenko O. V., Chebanova S. A., Medvedev S. N. [The investigation of the construction technologies using galvanized steel efficiency increasing factors]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 3, pp. 13—21. DOI: 10.35211/18154360_2025_3_13.

About authors:

Oleg V. Burlachenko — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; burlachenkoov@vgasu.ru; ORCID: 0000-0003-1477-2709

Svetlana A. Chebanova — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; sveta_nes@mail.ru

Sergey N. Medvedev — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation