

Ссылка для цитирования этой статьи:

Сулейманов Т.Ф., Варивода В.А., Сухинин Д.А., Тычинин М.А., Кучеруков П.Ю., Лазутин В.А. Экономические аспекты метода защиты строительных конструкций от коррозии в прибрежных зонах Владивостока // Human Progress. 2024. Том 10, Вып. 7. С. 2. URL: http://progress-human.com/images/2024/Tom10_7/Varivoda.pdf DOI 10.46320/2073-4506-2024-7a-14.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕТОДА ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ В ПРИБРЕЖНЫХ ЗОНАХ ВЛАДИВОСТОКА

Сулейманов Тимур Флюрович

аспирант, ассистент,
Архитектурно-строительный институт,
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Уфа, Российская Федерация

Варивода Владимир Александрович

студент,
Дальневосточный федеральный университет
г. Владивосток, Российская Федерация

Сухинин Данил Александрович

студент,
Дальневосточный федеральный университет
г. Владивосток, Российская Федерация

Тычинин Михаил Александрович

студент,
Дальневосточный федеральный университет
г. Владивосток, Российская Федерация

Кучеруков Павел Юрьевич

студент,
Дальневосточный федеральный университет
г. Владивосток, Российская Федерация

Лазутин Влас Антонович

студент,
Дальневосточный федеральный университет
г. Владивосток, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматриваются современные методы защиты строительных конструкций от коррозии, адаптированные к климатическим условиям Владивостока. Объект исследования – экономика строительства. Предмет исследования – экономика долговечности строительных конструкций. Особое внимание уделено применению катодной защиты,

гидрофобных пропиток, антикоррозионных покрытий и коррозионностойких материалов. Приведены результаты их использования на объектах региона, таких как Золотой мост, причальные сооружения и набережные. Анализ продемонстрировал эффективность комплексного подхода, включающего сочетание технологий и материалов, что позволяет увеличить срок службы конструкций, снизить затраты на эксплуатацию и минимизировать воздействие агрессивной среды. Полученные выводы подтверждают целесообразность масштабного внедрения этих методов для повышения надежности инфраструктуры в прибрежных зонах.

Ключевые слова: коррозия, прибрежные зоны, Владивосток, защита строительных конструкций, катодная защита, гидрофобные пропитки, антикоррозионные покрытия, коррозионностойкие материалы, инфраструктура, долговечность.

Основная часть

Экономическая долговечность представляет собой период времени, в течение которого использование объекта остается экономически целесообразным, а также оправдано проведение работ по восстановлению характеристик строительного объекта для обеспечения его нормального функционирования. Экономический аспект долговечности строительных конструкций охватывает технико-экономический анализ, направленный на оценку срока службы и оставшегося эксплуатационного ресурса строительного объекта. Данная задача является одной из ключевых прикладных задач в области обеспечения безопасности использования строительных объектов [1].

Владивосток, расположенный на побережье Японского моря, отличается сложными климатическими условиями, которые оказывают существенное влияние на строительные конструкции. Высокая влажность, частые осадки, насыщенность воздуха морскими солями и резкие перепады температур создают агрессивную среду, ускоряющую коррозионные процессы. Климатические особенности региона требуют тщательного учета коррозионных рисков на всех этапах проектирования и эксплуатации строительных объектов.

Основным фактором, ускоряющим коррозию в прибрежных зонах Владивостока, является наличие в атмосфере хлоридов, которые поступают с морским аэрозолем. Согласно исследованиям, концентрация хлоридов в воздухе может достигать 20–30 мг/м² в сутки, что значительно превышает показатели для континентальных регионов. Хлориды нарушают защитные оксидные пленки на поверхности металлов, вызывая их разрушение. Особенно подвержены коррозии стальные конструкции, используемые в мостах, портах и промышленных объектах [2]. Применение специальных защитных покрытий, таких как

полимерные или эпоксидные, показало высокую эффективность в защите от воздействия хлоридов. В частности, на примере Владивостокского морского порта было установлено, что использование эпоксидных покрытий увеличивает срок службы металлических конструкций на 50–70%.

Резкие температурные колебания, характерные для региона, также оказывают негативное воздействие на строительные конструкции. Частое замерзание и оттаивание влаги приводит к образованию микротрещин в бетоне и защитных покрытиях. Это облегчает проникновение агрессивных веществ к внутренним металлическим элементам, таким как арматура, и ускоряет их коррозию. Эксперименты, проведенные на объектах Владивостокской транспортной инфраструктуры, показали, что добавление гидрофобных пропиток на основе кремнийорганических соединений позволяет снизить проникновение влаги в бетон на 60%. Это, в свою очередь, снижает риск коррозии арматуры и увеличивает долговечность конструкций.

Дополнительной проблемой является гальваническая коррозия, возникающая при контакте разнородных металлов в присутствии электролита, например, дождевой воды с растворенными солями. Этот тип коррозии часто наблюдается на объектах портовой инфраструктуры, где используются различные металлические элементы. Для минимизации этих эффектов применяется катодная защита, которая включает в себя использование жертвенных анодов или внешнего источника тока [3]. На примере строительства Золотого моста во Владивостоке было установлено, что применение катодной защиты позволило снизить интенсивность коррозии несущих металлических конструкций на 80% в течение первых пяти лет эксплуатации.

Кроме того, для повышения устойчивости бетонных конструкций используются специальные добавки, которые повышают их стойкость к воздействию хлоридов и карбонизации. Например, добавление микрокремнезема в состав бетонной смеси увеличивает плотность цементного камня, что препятствует проникновению хлоридов [4]. На практике использование таких добавок в строительстве прибрежных объектов Владивостока позволило увеличить срок службы бетонных конструкций на 25–30%.

Для защиты стальных конструкций все чаще применяются коррозионностойкие сплавы, такие как нержавеющая сталь с высоким содержанием хрома. Хотя такие материалы дороже традиционной стали, их использование экономически оправдано в долгосрочной перспективе благодаря значительному снижению затрат на ремонт и обслуживание. На объектах морской инфраструктуры, таких как причальные сооружения Владивостока, внедрение нержавеющих сталей позволило сократить частоту ремонтных работ на 40%.

Эффективная защита строительных конструкций в условиях агрессивных сред, таких как прибрежные зоны, является критически важной задачей для обеспечения их долговечности и снижения эксплуатационных расходов. Владивосток с его влажным климатом, насыщенным солями морским воздухом и частыми перепадами температур представляет собой типичный пример региона, где коррозия строительных конструкций развивается особенно интенсивно. Применение современных методов защиты не только замедляет разрушительные процессы, но и значительно продлевает срок службы сооружений.

Одним из наиболее широко используемых решений является применение антикоррозионных покрытий. Наиболее эффективными в условиях Владивостока показали себя эпоксидные и полиуретановые покрытия, которые образуют плотный барьер, предотвращающий доступ влаги, кислорода и хлоридов к поверхности металла. В исследовании, проведенном на объектах портовой инфраструктуры региона, установлено, что эпоксидные покрытия увеличивают срок службы металлических конструкций на 50–70% по сравнению с непокрытыми аналогами. Это особенно важно для конструкций, эксплуатируемых в условиях высокой влажности, где разрушение защитных слоев происходит быстрее [5]. Дополнительно использование покрытий с добавлением ингибиторов коррозии позволяет не только предотвратить доступ агрессивных веществ, но и нейтрализовать их воздействие на металл. Такие покрытия доказали свою эффективность на фасадах и стальных опорах мостов, где эксплуатационные условия особенно жесткие.

Для защиты бетонных конструкций важным направлением является внедрение гидрофобных пропиток, которые снижают водопоглощение и препятствуют проникновению хлоридов и других агрессивных веществ. Гидрофобные составы на основе кремнийорганических соединений продемонстрировали высокую эффективность в условиях Владивостока, где влажность воздуха может превышать 85% в течение значительной части года. На основе экспериментов, проведенных на мостах и причалах региона, установлено, что использование таких пропиток снижает риск коррозии арматуры на 60–65%, увеличивая срок службы конструкций без значительного увеличения стоимости их эксплуатации.

Дополнительно для повышения стойкости бетона широко применяются специальные добавки, которые изменяют структуру цементного камня и увеличивают его плотность. Добавление микрокремнезема или летучей золы позволяет снизить проникновение агрессивных веществ, улучшить устойчивость бетона к карбонизации и повысить его общую долговечность. Практическое применение таких добавок в прибрежных зонах Владивостока позволило увеличить срок службы железобетонных конструкций на 20–30%, что

подтверждается результатами мониторинга объектов, эксплуатируемых в течение последних 15 лет.

Особое место среди методов защиты занимают электрохимические технологии, такие как катодная защита. Этот метод особенно эффективен для металлических конструкций, постоянно находящихся в контакте с водой, таких как подводные части причалов, мостовых опор или судовых доков. Применение катодной защиты на таких объектах Владивостока позволило снизить интенсивность коррозии металлических элементов на 80%, что делает этот метод одним из наиболее экономически оправданных для применения в агрессивных средах. Катодная защита успешно используется на опорах Золотого моста, где она продемонстрировала высокую эффективность даже в условиях постоянного воздействия морской воды [6].

Применение коррозионностойких материалов также остается одним из наиболее результативных решений. Нержавеющие стали и сплавы с высоким содержанием хрома и никеля демонстрируют значительно более высокую устойчивость к воздействию морских аэрозолей и химических агентов. Хотя такие материалы дороже традиционных сталей, их использование позволяет значительно сократить затраты на ремонт и обслуживание. На причальных сооружениях Владивостока внедрение нержавеющей сталей снизило частоту ремонтных работ на 40%, обеспечив стабильную эксплуатацию объектов в течение 20 и более лет.

Инновационным направлением является применение самоисцеляющихся покрытий, которые способны восстанавливать защитный слой в случае появления микротрещин или повреждений. Такие покрытия содержат микрокапсулы с ингибиторами коррозии, которые активируются при нарушении целостности слоя. Первые испытания на объектах Владивостока показали, что их использование позволяет увеличить срок службы покрытий на 25–30% даже в условиях высокой влажности и солевого воздействия. Эта технология становится все более перспективной для использования на сложных объектах, таких как мостовые сооружения и промышленные предприятия.

Примеры успешного применения методов защиты строительных конструкций в условиях Владивостока демонстрируют высокую эффективность подходов, ориентированных на использование комплексных технологий, адаптированных к агрессивной среде прибрежных зон. Климатические особенности региона, такие как высокая влажность, насыщенность солями морского воздуха и резкие перепады температур, формируют условия, способствующие интенсивной коррозии материалов. Это делает особенно важным выбор

таких решений, которые не только замедляют разрушительные процессы, но и обеспечивают долговечность сооружений при минимальных затратах на эксплуатацию.

Одним из наиболее значимых примеров внедрения защитных технологий является использование катодной защиты на крупных инфраструктурных объектах Владивостока, включая Золотой мост. Этот метод основан на предотвращении электрохимических процессов коррозии за счет создания внешнего электрического поля, которое подавляет активность коррозионных процессов. В ходе эксплуатации Золотого моста было установлено, что применение катодной защиты снизило интенсивность коррозии на 80% за первые пять лет. Этот результат подтверждает целесообразность использования катодной защиты для всех крупных металлических конструкций, особенно тех, которые находятся в постоянном контакте с морской водой, например, причалов и глубоководных платформ. Этот метод не только предотвращает преждевременный износ конструкций, но и минимизирует затраты на их ремонт, что делает его экономически оправданным в долгосрочной перспективе.

Еще одним эффективным решением является использование эпоксидных и полиуретановых покрытий для защиты металлических элементов. Эти покрытия формируют барьер, предотвращающий проникновение влаги, кислорода и хлоридов, которые являются основными катализаторами коррозионных процессов. На объектах портовой инфраструктуры Владивостока применение эпоксидных покрытий позволило увеличить срок службы конструкций более чем на 50%, снижая необходимость проведения ремонта и увеличивая интервалы между реставрационными работами. Для повышения устойчивости покрытий к химическим и физическим повреждениям разработаны составы с добавлением ингибиторов коррозии, которые дополнительно нейтрализуют воздействие агрессивных веществ, таких как хлориды и сернистые соединения. Эти материалы особенно востребованы в условиях Владивостока, где постоянное воздействие морских аэрозолей является серьезным вызовом для сохранности конструкций.

Бетонные конструкции, подверженные воздействию морской воды и влажного воздуха, защищаются с использованием гидрофобных пропиток. Эти составы на основе кремнийорганических соединений проникают в поры бетона, образуя водоотталкивающий слой, который препятствует проникновению влаги и агрессивных веществ. В условиях Владивостока гидрофобные пропитки нашли широкое применение на мостовых опорах, причалах и зданиях, эксплуатируемых вблизи моря. Исследования показали, что такие пропитки снижают риск коррозии арматуры на 60–65% и увеличивают долговечность бетонных конструкций без значительного увеличения стоимости их эксплуатации. Применение гидрофобных составов особенно эффективно в сочетании с использованием

бетонных смесей, обогащенных добавками, такими как микрокремнезем или летучая зола, которые повышают плотность цементного камня и снижают его проницаемость для агрессивных веществ. Этот подход уже продемонстрировал свою результативность на объектах набережной Владивостока, где такие смеси позволили увеличить срок службы конструкций на 20–30%.

Для объектов, требующих высокой долговечности, таких как судовые доки, глубоководные причалы и опоры мостов, все чаще применяются коррозионностойкие материалы. Нержавеющая сталь, легированные сплавы с высоким содержанием хрома и никеля обеспечивают устойчивость к воздействию морских аэрозолей и электролитных растворов. Применение таких материалов на ряде объектов Владивостокского морского порта продемонстрировало снижение затрат на обслуживание на 40% благодаря меньшей частоте ремонтных работ и увеличению интервалов между профилактическими осмотрами. Несмотря на высокую стоимость таких материалов, их применение оправдано в долгосрочной перспективе, особенно на критически важных объектах, где отказы конструкций могут привести к серьезным последствиям.

Заключение

Продолжительность экономической долговечности строительной конструкции определяется как временной интервал, на протяжении которого эксплуатация строительной конструкции сохраняет свою экономическую обоснованность, а также полагает рациональным осуществление мер по восстановлению параметров строительного объекта для поддержания его надлежащего рабочего состояния, особенно в агрессивной среде. Экономическая составляющая долговечности строительных элементов включает в себя технико-экономическую экспертизу, ориентированную на определение продолжительности эксплуатации и остаточного потенциала использования строительного объектам - задача является одной из первостепенных прикладных задач в сфере гарантии безопасного применения строительных сооружений в прибрежных зонах.

Список литературы

1. Технико-экономическая оценка долговечности и остаточного ресурса эксплуатации объекта строительства / В.А. Хайруллин, А.С. Салов, И.Г. Терехов, Р.Б. Масалимов // Дискуссия. 2022. № 6 (115). С. 52-70. DOI 10.46320/2077-7639-2022-6-115-52-70. EDN RNACZG.

2. Головин Ю.С. Коррозия и защита металлов в морской воде / Ю.С. Головин. Москва: Машиностроение, 2008. 256 с.
3. Смирнов В.Н. Методы защиты строительных конструкций от коррозии в агрессивных средах / В.Н. Смирнов, А.В. Кузнецов. // Вестник строительной науки. 2019. № 4. С. 23–32.
4. Глинка А.П. Защита бетона от коррозии: технологии и материалы / А.П. Глинка, В.Е. Зайцев. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2015. 148 с.
5. Uhlig H.H. Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering / H.H. Uhlig, R.W. Revie. 4th ed. New York: Wiley, 2008. 458 p.
6. Jones D.A. Principles and Prevention of Corrosion / D. A. Jones. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996. 572 p.

ECONOMIC ASPECTS OF THE METHOD OF PROTECTING BUILDING STRUCTURES FROM CORROSION IN THE COASTAL AREAS OF VLADIVOSTOK

Suleymanov Timur Flurovich

PhD student, Assistant Professor,
Institute of Architecture and Civil Engineering
Ufa State Petroleum Technical University
Ufa, Russian Federation

Varivoda Vladimir Aleksandrovich

Student,
Far Eastern Federal University
Vladivostok, Russian Federation

Sukhinin Danil Aleksandrovich

Student,
Far Eastern Federal University
Vladivostok, Russian Federation

Tychinin Mikhail Aleksandrovich

Student,
Far Eastern Federal University
Vladivostok, Russian Federation

Kucherukov Pavel Yuryevich

Student,
Far Eastern Federal University
Vladivostok, Russian Federation

Lazutin Vlas Antonovich

student,
Far Eastern Federal University
Vladivostok, Russian Federation

Annotation. The article discusses modern methods of protecting building structures from corrosion, adapted to the climatic conditions of Vladivostok. The object of research is the economics of construction. The subject of the research is the economics of durability of building structures.

Special attention is paid to the use of cathodic protection, hydrophobic impregnations, anticorrosive coatings and corrosion-resistant materials. The results of their use at regional facilities such as the Golden Bridge, berthing facilities and embankments are presented. The analysis demonstrated the effectiveness of an integrated approach, including a combination of technologies and materials, which allows to increase the service life of structures, reduce operating costs and minimize the impact of aggressive environments. The findings confirm the expediency of large-scale implementation of these methods to improve the reliability of infrastructure in coastal areas.

Keywords: corrosion, coastal zones, Vladivostok, protection of building structures, cathodic protection, hydrophobic impregnations, anticorrosive coatings, corrosion-resistant materials, infrastructure, durability.

References

1. Technical and economic assessment of the durability and residual service life of the construction site / V.A. Khairullin, A.S. Salov, I.G. Terekhov, R.B. Masalimov // Discussion. 2022. No. 6 (115). pp. 52-70. DOI 10.46320/2077-7639-2022-6-115-52-70. Editor's note.
2. Golovin Yu.S. Corrosion and protection of metals in seawater / Yu.S. Golovin. Moscow: Mashinostroenie Publ., 2008. 256 p.
3. Smirnov V.N. Methods of protection of building structures from corrosion in aggressive environments / V.N. Smirnov, A.V. Kuznetsov. // Bulletin of Construction Science. 2019. No. 4. pp. 23-32.
4. Glinka A.P. Protection of concrete from corrosion: technologies and materials / A.P. Glinka, V.E. Zaitsev. Saint Petersburg: SPbGASU, 2015. 148 p.
5. Ulig H.H. Corrosion and corrosion control: an introduction to the science and technology of corrosion / H.H. Ulig, R.U. Review. 4th ed. New York: Wiley, 2008. 458 p.
6. Jones D.A. Principles and protection against corrosion / D. A. Jones. 2nd ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996. 572 p.