

Технические науки

УДК 69:620.193/.197

ГРНТИ 67.01.97

DOI 10.24411/2409-3203-2018-11817

О МЕТОДАХ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ, СНИЖАЮЩИХ АГРЕССИВНОСТЬ КОРРОЗИОННОЙ СРЕДЫ

Гиннэ Светлана Викторовна

к.п.н., доцент кафедры технологии конструкционных материалов и технологии машиностроения

ФГБОУ ВО Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва
Россия, г. Красноярск

Аннотация: Работа посвящена изучению современных научных исследований и разработок в сфере защиты строительных металлоконструкций от коррозии с целью выявления прогрессивных способов борьбы с коррозионным разрушением данного вида технических объектов. В начале статьи представлена обобщенная классификация основных групп методов защиты строительных металлоконструкций от коррозии, включающая: методы противокоррозионного воздействия на материал строительных металлоконструкций, способствующие повышению их коррозионной стойкости; методы противокоррозионного воздействия на рабочую среду строительных металлоконструкций, предполагающие снижение агрессивности коррозионной среды; методы противокоррозионного воздействия на конструктивные элементы (факторы) строительных металлоконструкций, направленные на уменьшение коррозионной активности рабочей среды. В основной части статьи автором предлагается подробная характеристика наиболее эффективных методов защиты строительных металлоконструкций от коррозии, снижающих агрессивность коррозионной среды.

Ключевые слова: коррозия строительных металлоконструкций, методы защиты строительных металлоконструкций от коррозии.

ABOUT METHODS OF PROTECTION OF BUILDING METAL CONSTRUCTIONS FROM CORROSION, WHICH REDUCE THE AGGRESSIVENESS OF THE CORROSION ENVIRONMENT

Svetlana V. Ginne

PhD, Associate Professor of technology of construction materials and technology of mechanical engineering branch of the Reshetnev Siberian State University of science and technologies
Russia, Krasnoyarsk

Abstract: The article is devoted to the study the modern research and development in the field of protection of building metal constructions from corrosion in order to identify progressive ways to combat corrosion destruction of this type of technical objects. The generalized classification of the main groups of methods of protection of building metal structures from corrosion is presented at the beginning of the article. This classification includes: methods of anticorrosive impact on the material of building metal structures, promoting to increasing their corrosion resistance; methods of anticorrosive impact on the working environment of building

metal structures, suggesting a reduction in the aggressiveness of corrosion environment; methods of anticorrosive impact on the structural elements (factors) of building metal structures, aimed at reducing the corrosion activity of the working environment. In the main part of the article the author suggests the detailed characteristic of the most effective methods of protection of building metal structures from corrosion, which reduce the aggressiveness of the corrosion environment.

Keywords: corrosion of building metal constructions, methods of protection of building metal constructions from corrosion.

Решение проблемы защиты строительных металлоконструкций от коррозии на сегодня остается актуальной целью многочисленных исследований, поскольку отмечается увеличение темпа роста коррозионных потерь в строительной области промышленности. При этом большинство экспертов подчёркивают, что основные убытки, обусловленные коррозией строительных металлоконструкций, связаны не столько со стоимостью прокорродировавшего металла, сколько со стоимостью ремонтных работ, потерями за счёт временного прекращения эксплуатации строительных объектов, затратами на предотвращение аварий, в некоторых случаях абсолютно недопустимых с точки зрения экологической безопасности [1 – 5]. Таким образом, можно говорить о необходимости совершенствования уже имеющихся, а также разработки новых методов и средств защиты строительных металлоконструкций от коррозии. В этой связи целью настоящей статьи является определение и характеристика прогрессивных способов борьбы с коррозией строительных металлоконструкций на основе исследования теории и практики противокоррозионной защиты обозначенных технических объектов.

Под коррозией в широком смысле понимаем самопроизвольный процесс разрушения металлов вследствие физико-химического воздействия на них внешней среды, в результате которого металлы окисляются и теряют присущие им свойства [1]. Обращаясь к общей характеристике коррозионных процессов в контексте заявленной проблематики, ведущие специалисты отмечают следующие негативные аспекты коррозии строительных металлоконструкций [2; 4; 6 – 8]:

- необратимое изменение свойств прокорродировавшего металла, уменьшающее износостойкость деталей и узлов строительных металлоконструкций;
- «эффект повреждения» или «коррозионная порча», определяемые как «коррозионный эффект», ухудшающий функциональные характеристики металлов и приводящий к преждевременному выходу из строя строительных металлоконструкций;
- большие экономические потери строительной области промышленности, включающие в себя:
 - цену прокорродировавшего металла;
 - стоимость самих строительных металлоконструкций, которая значительно превышает стоимость металла, использованного для их изготовления;
 - расходы на предупреждение аварий (профилактическое обслуживание) строительных металлоконструкций;
 - затраты на осуществление ремонтных мероприятий и замену отдельных деталей и узлов строительных металлоконструкций;
 - убытки за счёт приостановки эксплуатации аварийных металлоконструкций;
 - затраты на реализацию системы мер по борьбе с коррозией строительных металлоконструкций.

Согласно логике научного анализа с целью выявления прогрессивных методов защиты строительных металлоконструкций от коррозии, необходимо перейти к выявлению и описанию эффективных противокоррозионных способов и средств, применяемых в строительной области промышленности. Методы защиты от коррозии в общем виде интерпретируем как комплекс мероприятий, направленных на обнаружение и устранение коррозионных процессов, с целью сохранения и поддержания работоспособности

металлоконструкции в процессе ее создания, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта [1]. Таким образом, можно утверждать, что методы защиты строительных металлоконструкций от коррозии основаны на целенаправленном воздействии на них с целью исключения или уменьшения негативного влияния факторов, способствующих возникновению и развитию в данном виде технических объектов коррозионных процессов.

В предыдущей работе автора отмечалось, что все методы защиты от коррозии можно классифицировать по характеру их воздействия на металл, коррозионную среду и особенности конструкции технического объекта, являющимися тремя основными факторами, в совокупности определяющими протекание коррозионного процесса [1]. В соответствии с обозначенной системой классификации можно выделить следующие группы методов защиты строительных металлоконструкций от коррозии (рисунок 1):

- методы противокоррозионного воздействия на материал строительных металлоконструкций, способствующие повышению их коррозионной стойкости;
- методы противокоррозионного воздействия на рабочую среду строительных металлоконструкций, предполагающие снижение агрессивности коррозионной среды;
- методы противокоррозионного воздействия на конструктивные элементы (факторы) строительных металлоконструкций, направленные на уменьшение коррозионной активности рабочей среды.

В настоящей статье предлагаем остановиться на детальной характеристике сущности и особенной использования второй группы методов защиты строительных металлоконструкций от коррозии, к которым относим: 1) применение инертных или защитных атмосфер в целях снижения коррозии при нагреве строительных металлоконструкций; 2) введение в коррозионную среду ингибиторов для уменьшения электрохимической коррозии; 3) обескислороживание, замедляющее процесс коррозии строительных металлоконструкций в водосодержащей среде; 4) осушение атмосферы специальными адсорбентами (летучими ингибиторами и инертными газами) в замкнутом пространстве, используемое при консервации (временной защите) строительных металлоконструкций. Изучение научно-технической литературы, посвященной описанию различных аспектов защиты строительных металлоконструкций от коррозии, позволяет нам утверждать, что обозначенные методы, понижающие агрессивность коррозионной среды, широко используются для решения многих практических проблем, связанных с коррозионным разрушением строительных объектов [2 – 9].

Например, в целях снижения коррозии при нагреве строительных металлоконструкций используют так называемые инертные или защитные атмосферы. В качестве инертных атмосфер применяют газы, не вступающие во взаимодействие с материалами, из которых изготовлены строительные металлоконструкции. Чаще всего такими газами являются аргон, азот или гелий, подвергнутые глубокой осушке. Их употребляют в качестве защитных атмосфер от окисления и обезуглероживания в исключительных случаях, когда нельзя использовать другие атмосферы. Современные исследователи отмечают, что инертные атмосферы используют при временной защите узлов и элементов строительных металлоконструкций, предназначенных для транспортировки и хранения в страны с морским и тропическим климатом, так как это довольно дорогостоящее средство противокоррозионной защиты. Однако, практика применения метода консервации с использованием инертных атмосфер показала, что данный метод чрезвычайно эффективен, не взирая на его высокую стоимость.

Для уменьшения электрохимической коррозии строительных металлоконструкций в коррозионную среду ученые предлагают использовать ингибиторы, под которыми подразумевают особые химические соединения или вещества, способные подавлять коррозию, т.е. эффективно защищать строительные металлоконструкции от отрицательных последствий коррозионных процессов. В современных научных трудах выделяют следующие показатели классификации ингибиторов коррозии: механизм воздействия, среда, в которой функционируют строительные металлоконструкции, химическая природа

и принцип защиты (рисунок 2).

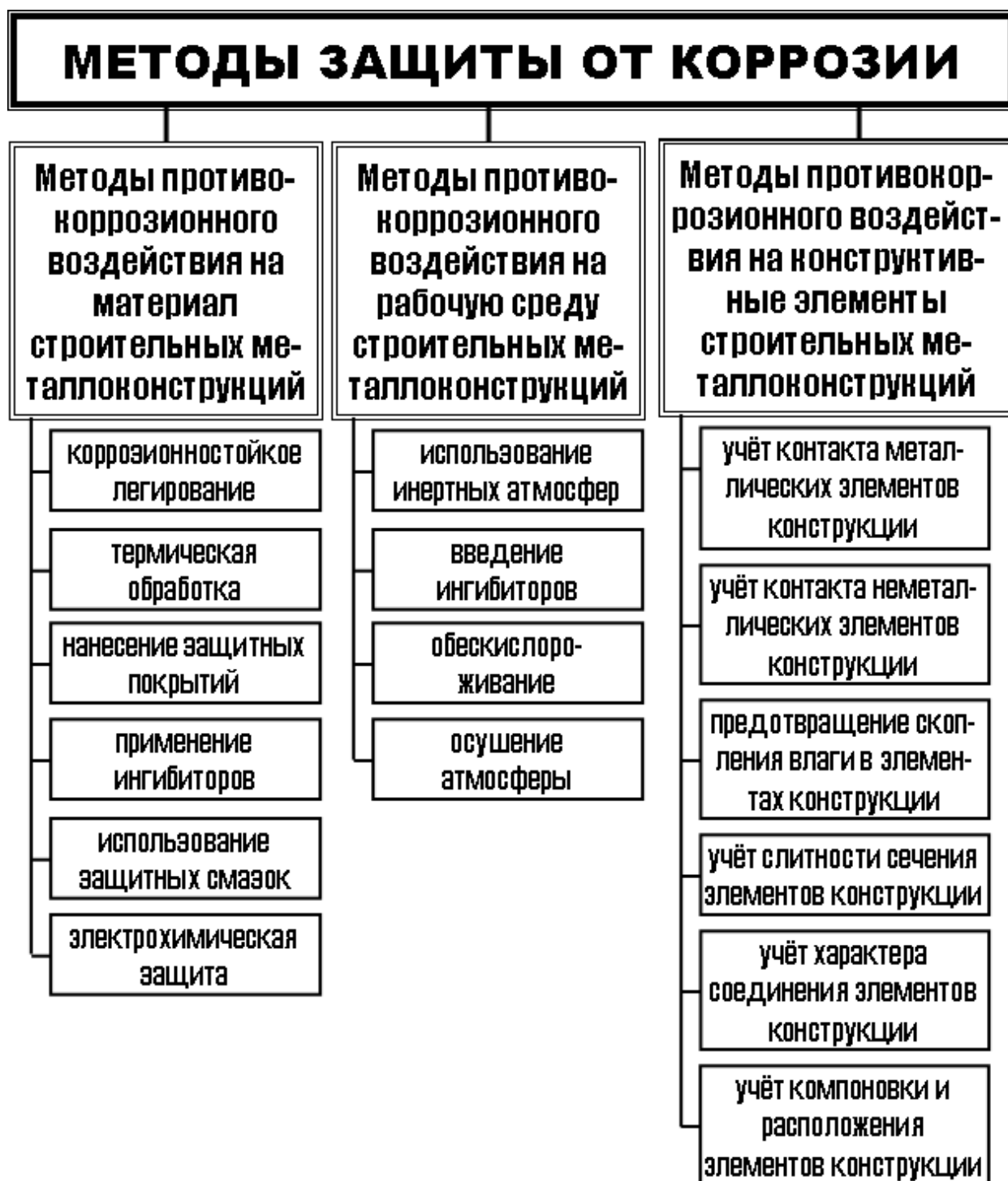


Рисунок 1 – Обобщенная классификация методов защиты строительных металлоконструкций от коррозии

Установлено, что действие ингибиторов основано на трансформации состояния поверхностей строительных металлоконструкций, в результате образования сложнорастворимых композиции с катионами металла или вследствие адсорбции используемого ингибитора. Выявлено, что адсорбционные ингибиторы могут изменять энергию активации процесса ржавления или же уменьшать коррозионно-активную площадь поверхности строительных металлоконструкций. При этом глубина слоя, созданная адсорбционными ингибиторами, в любом случае будет меньше, чем толщина

наносимых антикоррозионных защитных покрытий.



Рисунок 2 – Классификация основных видов ингибиторов коррозии строительных металлоконструкций

К пассивирующим ингибиторам (пассиваторам) обычно относят различные хроматы, нитриты и молибдаты, обеспечивающие высокий уровень противокоррозионной защиты. Опытные данные показывают, что пассивирующие ингибиторы создают на поверхностях строительных металлоконструкций особую пленку, сдвигающую существующий коррозионный потенциал в положительную сторону.

В современной научно-исследовательской литературе указывается, что органические ингибиторы представляют собой органические элементы, которые не взаимодействуют с продуктами коррозии, и адсорбируются только в верхних пластах материала строительных металлоконструкций, препятствуя их коррозионному разрушению. По этой причине органическими ингибиторами, как правило, кислотным травлением удаляют с поверхности строительных металлоконструкций окалину или ржавчину. Практикующие специалисты к органическим ингибиторам, продемонстрировавшим отличный противокоррозионный эффект, причисляют ароматические и алифатические соединения, которые содержат атомы азота, серы и кислорода:

- кислоты и соли органических кислот, в состав которых есть гидроксильные и аминокислые группы, очень хорошо замедляющие процесс коррозии железа в кислотных средах, маслах и электролитах;
- меркаптаны (по-другому называемые тиолы), сульфиды и дисульфиды (как правило, используют тимочевину, бензотриазол, дибензилсульфоксид, а также разнообразные алифатические органические вещества) гарантируют хороший антикоррозионный эффект;
- амины по результативности антикоррозионной защиты уступают тиолам, однако, являясь дешевыми ингибиторами, противостоят коррозии металлов в кислотных средах и водных растворах путем сдерживания катодной и анодной реакции.

Результаты анализа теоретических и практических аспектов защиты строительных металлоконструкций от коррозии позволяют охарактеризовать неорганические ингибиторы как анодные ингибиторы неорганического происхождения, которые образуют на защищаемой поверхности сверхтонкие пленки (толщиной около 0,01 микрона),

препятствующие переходу железу в растворы. К неорганическим ингибиторам специалисты относят все пассиваторы, из которых наиболее активно применяются такие соединения как KJ , KBr , $NaOH$, фосфаты. Последние часто употребляют для противокоррозионной защиты стальных коммунальных и хозяйственных инженерных коммуникаций (системы стоков воды и пр.).

В нормативно-технических и научно-исследовательских источниках информации указывается, что катодные ингибиторы, обычно называемые экранирующими, представляют собой композиции, которые способны создавать нерастворимые вещества на микроатодах. Другими словами, обозначенные составы выступают в качестве изолирующего (защитного) слоя. На сегодняшний день одним из наиболее распространенных видов катодных неорганических ингибиторов является бикарбонат кальция, качественно изолирующий поверхности строительных металлоконструкций от воздействия электролитов. Учеными отмечается, невысокая себестоимость бикарбоната кальция вследствие небольших затрат при его производстве.

Другим продуктивным способом, замедляющим процесс коррозии строительных металлоконструкций в водосодержащих средах, является обескислороживание, которое реализуется посредством введения в водный раствор особых составов (реагентов), переводящих растворенный в нем кислород в стабильные композиции (химические соединения), которые не обладают коррозионной агрессивностью. Практикуемыми специалистами предлагается использовать сульфит натрия и гидразин для химического связывания растворенного в воде кислорода. Эксперты отмечают, что полнота поглощения кислорода и скорость протекания этой реакции являются наиболее значимыми параметрами химического обескислороживания водных растворов. В ходе проведенных исследований была определена высокая скорость реакции соединения сульфита натрия с кислородом и в сырой воде, и в конденсате, которая увеличивается при повышении температуры водосодержащей среды.

Однако, по мнению исследователей, необходимо учитывать тот факт, что, не смотря на высокую эффективность химического обескислороживания водных растворов с помощью указанных реагентов, у них имеется один существенный недостаток. В результате окисления химических соединений кислородом в воде образуются сульфаты, являющиеся крайне агрессивными веществами, поэтому нельзя допускать их накопление в водосодержащей среде. В этой связи для химического обескислороживания водных растворов иногда заменяют технический сульфит натрия такими агентами, как гидросульфит натрия, сернистый газ, а также фенольный сульфит.

Экспериментальные данные показывают, что осушение атмосферы специальными адсорбентами в замкнутом пространстве является еще одним производительным способом борьбы с коррозией строительных металлоконструкций, основанном на принципе влияния на коррозионную среду. Обозначенный метод рекомендуется применять при консервации (временной защите) строительных металлоконструкций. В ходе промышленных испытаний засвидетельствована высокая эффективность осушения атмосферы с помощью летучих ингибиторов коррозии (ЛИК) и инертных газов.

Летучими ингибиторами коррозии (VCI – volatile corrosion inhibitors) называют вещества или химические соединения, способные защищать строительные металлоконструкции от коррозии посредством осаждения на их поверхность из газовой фазы (рисунок 3). Эксперты замечают, что летучие ингибиторы коррозии по агрегатному состоянию являются порошками, а термин «летучие» имеет отношение лишь к механизму доставки ингибитора к поверхности строительных металлоконструкций из носителя (бумаги, плёнки и т.д.). Доказано, что образование паров ингибитора из носителя совершается до того времени, когда достигается равновесие, обусловливаемое парциальным давлением. В научных работах подчёркивается, что защитное действие ЛИК базируется на образовании гидрофобного слоя на поверхности строительных металлоконструкций, отделяющего металл от электролита. Данный эффект достигается

следующей последовательностью этапов: 1) пары ингибитора долетают до металлической поверхности; 2) перемещаются через слой электролита или осаждаются в виде микрокристаллов, а затем растворяются под воздействием влаги; 3) адсорбируются на металлической поверхности.

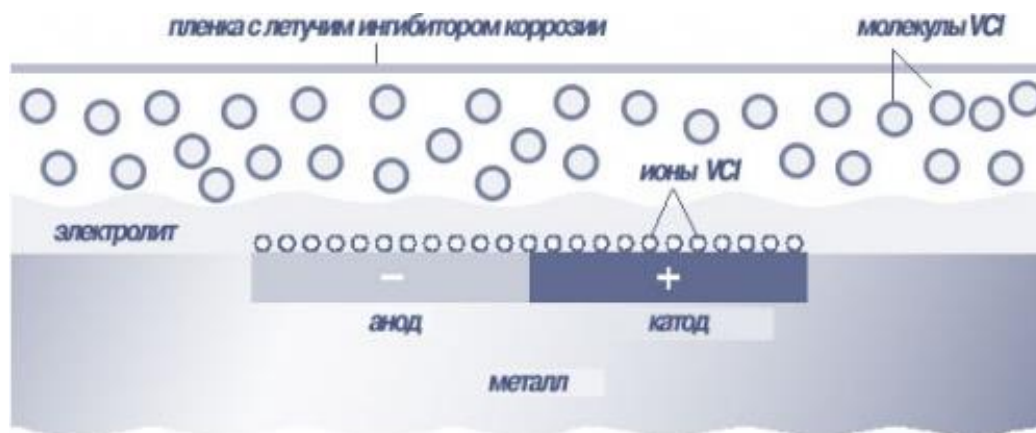


Рисунок 3 – Механизм действия VCI

Первоначально в качестве летучих ингибиторов коррозии использовались нитриты. В ходе проведенных опытов было обнаружено большое количество недостатков данного вида ингибиторов, а именно: обеспечивают противокоррозионную защиту только алюминиевых и железных материалов, вступают во взаимодействие с медными и цинковыми материалами, обладают высокой канцерогенностью и приводят к респираторным заболеваниям, имеют слабое парциальное давление и низкую противокоррозионную защиту на начальном этапе, трудно определить необходимую для защиты от коррозии дозировку. **Тем не менее, не** смотря на все эти недостатки, нитритные ингибиторы продолжают применять до сих пор, поскольку они очень дешевы.

Однако, в последние десятилетия по инициативе National Association of Corrosion Engineers (NACE) проводятся активные исследования по разработке безвредных и высокоэффективных летучих ингибиторов коррозии, результатом которых стало появление нового поколения ЛИК, которые не только лишены недостатков нитритных ингибиторов, но и способны тормозить как катодный, так и анодный коррозионные процессы. На данный момент летучие ингибиторы коррозии в основном представляют собой продукт реакции слабого основания (амины и их производные) и слабой органической кислоты. Итогом этих реакций является получение всевозможных карбоксилатов. К настоящему моменту имеется комплект типовых продуктов данной группы, антикоррозионная результативность которых засвидетельствована технико-технологическими исследованиями: дициклогексиламин и его производные (карбонаты, бензоаты), гуанидин и гуанидин хромат, циклогексиламин и его производные (карбонаты, бензоаты), бензиламин, аминоспирты и соли других первичных, вторичных, третичных аминов и их производных, морфолин. В процессе лабораторных экспериментов открыто, что эффективность летучих ингибиторов коррозии повышается с ростом длины углеводородного радикала органической кислоты, так как при этом происходит увеличение толщины гидрофобного слоя на поверхности строительных металлоконструкций.

На основе анализа научно-исследовательской литературы и нормативно-технической документации, опроса практикующих специалистов нами было установлено, что кроме летучих ингибиторов коррозии при осушении атмосферы могут быть использованы инертные газы (благородные или редкие газы). К инертным газам эксперты относят химические элементы из 18-й группы периодической таблицы Д.И. Менделеева: гелий, неон, аргон, криптон, ксенон и др., имеющие сходные свойства: являются

одноатомными газами без запаха и цвета с очень низкой химической реактивностью при нормальных условиях. Иными словами, инертные газы могут принимать участие в химических реакциях лишь при экстремальных условиях, поскольку химически неактивны.

Подводя итоги выше сказанному, считаем необходимым подчеркнуть, что проблема увеличения срока службы, надёжности и безопасности эксплуатации строительных металлоконструкций имеет ключевое значение в вопросе повышения экономической эффективности строительной отрасли промышленного производства. Результаты исследований свидетельствуют о том, что одним из аспектов решения данной проблемы является осуществление различных антикоррозионных мероприятий, поскольку коррозия строительных металлоконструкций способствует существенному росту расходов при строительстве всевозможных технических объектов. В этой связи, можно говорить о необходимости осуществления совокупности мер, направленных на предотвращение коррозионного разрушения строительных металлоконструкций, с целью уменьшения убытков за счёт повышения результативности предохранения этих металлоконструкций от коррозии.

Список литературы:

1. Кулак В.В. К вопросу о защите металлов от коррозии / В.В. Кулак, В.Д. Слабышева, С.В. Гиннэ // Наука и молодежь : проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – Вып. 20. – Ч. IV. Технические науки. – С. 19–22.
2. Косачев В.Б. Коррозия металлов / В.Б. Косачев, А.П. Гулидов // Новости теплоснабжения. – 2002. – № 1. – С.34–39.
3. Цивадзе А.Ю. Наука и технологии / А.Ю. Цивадзе, Ю.И. Кузнецов // Коррозия: материалы, защита. – 2003. – № 10. – С.13–16.
4. Шлугер М.А. Коррозия и защита металлов / М.А. Шлугер, Ф.Ф. Ажогин, М.А. Ефимов. – М., 1981. – 216 с.
5. Тапаева А.П. Методы защиты коррозии / А.П. Тапаева, Г.Т. Кожагельдиева // Молодой ученый. – 2014. – № 12. – С. 5–7.
6. Chen W. Environmental aspects of Near-neutral stress corrosion cracking of pipeline steel / W. Chen, F. King, T.R. Jack, M.J. Wilmott // Metallurgical and materials transitions. – Pittsburgh, 2002. – P.1429–1436.
7. Parkins R.N., Fessler R.P. Line pipe stress corrosion cracking – mechanisms and remedies / R.N. Parkins, R.P. Fessler // Corrosion`86. – Houston, 1986. – Pap. 320. – P.1–19.
8. Бэкман В. Катодная защита от коррозии / В. Бэкман, К. Швенк. – М. : Металлургия, 1984. – 496с.
9. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии : монография / И.Л. Розенфельд. – М. : Химия, 1977. – 352 с.

