

УДК 628.147.22

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОТ КОРРОЗИИ



COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT WAYS TO PROTECT METAL STRUCTURES FROM CORROSION

Леонова А.Н.

кандидат технических наук,
доцент кафедры Строительных конструкций КубГТУ
lan.75@mail.ru

Кайшева А.И.

студентка КубГТУ
arinakajseva4@gmail.com

Лунёв А.М.

студент КубГТУ,
Кубанский Государственный Технологический Университет
lunyov98@bk.ru

Аннотация. В данной статье представлена проблема защиты металлических конструкций от разрушения коррозией. Описаны виды коррозии и приведены способы борьбы с ними. Также в ходе анализа были представлены сравнительные характеристики различных способов защиты металлоконструкций от коррозионного разрушения, были разобраны следующие важные характеристики: экономичность применения, срок службы – долговечность, эффективность применяемых видов защиты.

Ключевые слова: коррозия, металлические конструкции, элементы, металл, сталь, добавки, ингибиторы, виды защиты, долговечность, экономичность, эффективность, разрушение коррозией, сплавы.

Leonova A.N.

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department
of Building Structures of KubSTU
lan.75@mail.ru

Kaisheva A.I.

Student of KubSTU
arinakajseva4@gmail.com

Lunev A.M.

Student of KubSTU,
Kuban State University of Technology
lunyov98@bk.ru

Annotation. This article presents the problem of protecting metal structures from destruction by corrosion. The types of corrosion are described and ways to combat them are given. Also, in the course of the analysis, comparative characteristics of various methods of protecting metal structures from corrosion damage were presented, the following important characteristics were analyzed: cost-effectiveness of use, service life – durability, and the effectiveness of the types of protection used.

Keywords: corrosion, metal structures, elements, metal, steel, additives, inhibitors, types of protection, durability, economy, efficiency, corrosion destruction, alloys.

Коррозия – один из самых существенных и распространенных недостатков металлоконструкций. Понятие коррозии происходит от латинского *corrode* – разъедать. В современном понятии коррозия – это процесс электрохимического или химического разрушения стали. Неблагоприятной средой, содействующей разрушению стальных конструкций, может быть различные газы, в том числе и кислород из воздуха, а также водные растворы, так называемые электролиты, которые находятся на поверхности стальных конструкций и элементов в виде тончайшей водяной пленки.

Обобщенно, процессом коррозии называется процесс химического или электрохимического разрушения металла при его взаимодействии с агрессивной средой, при котором металлические конструкции и элементы теряют присущие им качества и свойства.

Помимо разрушения металла коррозия вызывает серьезные экономические и экологические последствия. Стоимость работ по ремонту или замене конструкций и элементов во много раз превышает затраты на производство металлических конструкций. Помимо этого, коррозия вызывает загрязнение окружающей среды, негативно влияющее на экосистему.

Существует множество видов коррозии металлических конструкций. Она может быть атмосферной, подземной, контактной, электрохимической, биологической, химической, вызванной блуждающими токами, жидкостями, газами, радиацией, кавитационной, фреттинг-коррозией, межкристаллической, щелевой.

Коррозионные процессы классифицируют по следующим признакам:

1. По механизму взаимодействия металла с внешней средой:

а) Электрохимическая коррозия происходит под действием электролита, причем ионы металла переходят в раствор. В растворе гидраты закиси и окиси железа образуют собственно ржавчину, оседающую на поверхности, стали;

б) Химическая коррозия происходит под действием сухих газов или в жидкостях, не проводящих электрического тока.

2. По виду коррозионной среды и условиям протекания процесса:

а) Газовая коррозия – это химическая коррозия металлов в агрессивной газовой среде, имеющей минимальное содержание влаги или высокие температуры;

б) Контактная коррозия – процесс разрушения элементов путем контакта между собой металлических конструкций, имеющих разные стационарные потенциалы;

в) Коррозия внешним током возникает под действием тока от внешнего источника или блуждающего тока;

г) Радиационная коррозия – возникает вследствие радиоактивного излучения;

д) Коррозия под напряжением – вид коррозии, вызываемый одновременным воздействием коррозионной среды и механических напряжений;

е) Коррозионная кавитация – процесс разрушения металла, обусловленный одновременным ударным и коррозионным воздействием внешней агрессивной среды;

ё) Феттинг-коррозия – вид коррозии, вызванные одновременным протеканием вибрационных воздействий и коррозионной среды.

Помимо видов коррозии следует учитывать еще и ее распределение по поверхности металлических конструкций. Коррозия может быть расположена на плоскости конструкции следующими видами:

1. Сплошная коррозия;

2. Избирательная коррозия;

3. Местная коррозия;

4. Подповерхностная коррозия;

5. Межкристаллитная коррозия;

6. Щелевая коррозия.

Стальные конструкции, неоднородные по химическому составу и структуре, подвержены ускоренному процессу коррозионного разрушения.

Стойкость сталей в отношении коррозии неодинакова. К примеру, при применении низколегированных и малоуглеродистых сталей необходимо осуществлять защиту от коррозии. Также существует группа сталей, применение которых не обременено защитой от коррозионного разрушения. Такие стали называют атмосферостойкими. Это слаболегированные стали, в состав которых входит медь, хром, никель, фосфор и др. При нахождении конструкций таких сплавов в атмосфере на их поверхности образуется естественный защитный слой, состоящий из продуктов коррозии, который препятствует дальнейшему разрушению [1].

Сплавы из алюминия в большинстве случаев более устойчивы к коррозии, по причине того, что при взаимодействии с атмосферой поверхность алюминия и его сплавов покрывается тонкой плотной пленкой окислов, которая хорошо защищает металл. Однако при тяжелых условиях эксплуатации алюминиевых сплавов в агрессивных средах требуется дополнительная защита с помощью различных покрытий.

Потери строительных конструкций из-за коррозии в сравнении с разрушениями металлических конструкций от недостаточной прочности, устойчивости или выносливости во много раз более весомы. Поэтому необходимо применять различные виды защиты от коррозионного разрушения стальных конструкций. Меры по борьбе с коррозией нужно предусматривать в процессе проектирования, после в процессе изготовления и во все время эксплуатации.

Меры борьбы с коррозией можно разбить на несколько видов: конструктивные, эксплуатационные, применение ингибиторов и добавок, протекторная защита и применение искусственных покрытий [2].

Конструктивный вид защиты подразумевает под собой правильный подбор марки стали, учет опасности коррозии и эксплуатационных условий.

Эксплуатационный вид защиты металлических конструкций от коррозии – это создание и наблюдение режима агрессивной среды, при котором уменьшается отло-

жение пыли, производственных выделений на элементах конструкций. Обеспечивается путем проветривания, очищением и ремонтом появившихся очагов разрушения.

Введение в состав стали легирующих добавок (никеля, хрома, меди и др.) позволяет получить гарантию от коррозионного разрушения. Сталь с такими добавками становится более устойчивой к коррозии. Однако при этом необходимо учитывать, что сталь, обладающая достаточной сопротивляемостью коррозии в атмосферных условиях, может оказаться подверженной ей в воде, и наоборот [1, 2, 3].

Протекторная защита достигается добавлением в материал покрытия порошков более стойких к коррозии металлов, чем защищаемый. Для железа это цинк, магний, алюминий. Под действием агрессивной среды происходит растворение порошка-добавки, а защищаемый металл консервируется и не корродирует.

Применение ингибиторов. Ингибиторы – это вещества, замедляющие процессы разрушения коррозией стали. Их действия обусловлены изменением состояния поверхности металла вследствие адсорбции ингибитора или образования с катионами металла труднорастворимых соединений. Ингибиторы действуют двумя путями: уменьшают площадь активной поверхности или изменяют энергию активации коррозионного процесса.

Применение искусственных покрытий подразумевает под собой применение различных металлоизоляционных покрытий, ими могут быть как тонкий слой алюминия, так и лакокрасочные, грунтовочные, пластмассовые покрытия [3, 4, 5, 6].

Стоимость оказания услуг по защите металлических конструкций на рынке варьируется от 500 до 17000 рублей за один квадратный метр. Цена услуг зависит от вида защиты от коррозии. На рисунке № 1 представлена гистограмма стоимости различных видов коррозионной защиты металлоконструкций.

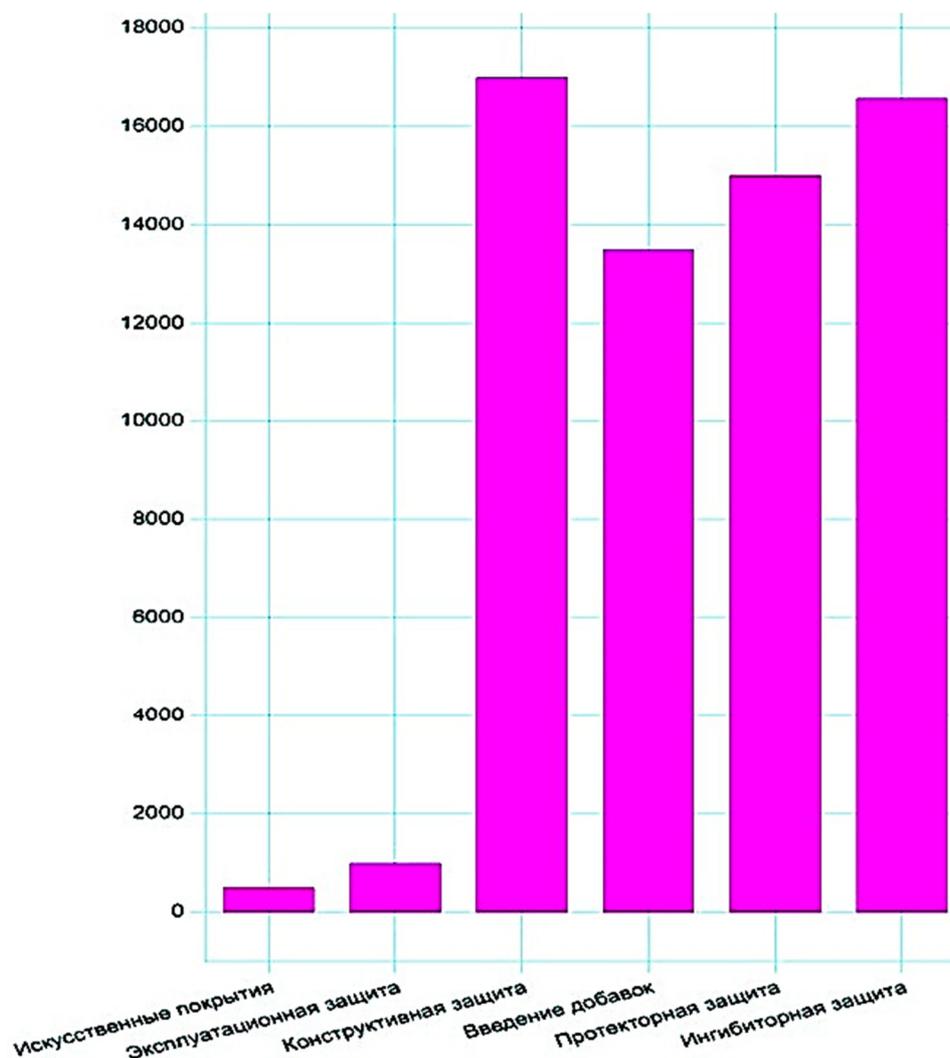


Рисунок 1 – Гистограмма стоимости различных видов защиты от коррозии, [руб./м²]

Из графика следует, что наиболее дешевыми видами защиты являются искусственные покрытия и эксплуатационная защита (500–1000 руб./м²). Самыми дорогими видами защиты являются конструктивная ингибиторная, их стоимость варьируется от 16575 до 17000 рублей за один квадратный метр. Правильный выбор конструкций, состоящих из качественных материалов, обеспечивает надежность металлических конструкций, но вместе с тем и большие экономические затраты. Защита путем введения добавок и протекторная защита также имеют высокую цену (13500–15000 руб./м²).

Долговечность один из наиболее важных критериев при выборе защиты металлоконструкций от коррозии. На рисунке № 2 представлены предполагаемые показатели долговечности рассматриваемых видов защиты от коррозии.

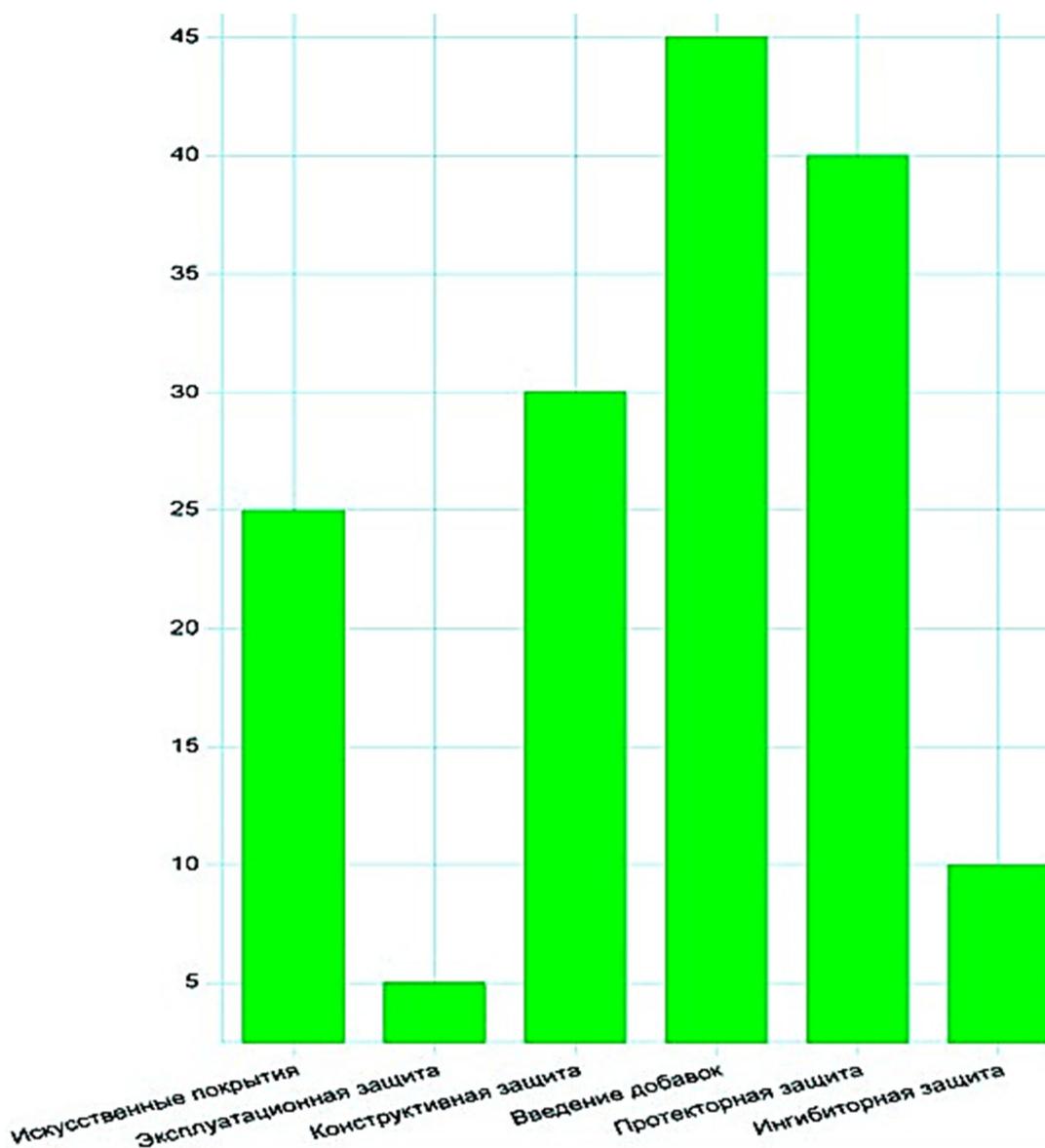


Рисунок 2 – Гистограмма долговечности различных видов защиты от коррозии, [года]

Согласно гистограмме, самый низкий срок службы у эксплуатационной защиты, это связано с возможными непредвиденными изменениями в окружающей среде и человеческим фактором. Защита путем введения добавок, как и протекторная защита, имеет самые высокие показатели сроков службы, примерно 40–45 лет. Срок службы конструктивной защиты составляет 30 лет. Искусственные покрытия прослужат меньше – 25 лет – данный показатель зависит от вида покрытия и его качества. Применение ингибиторов позволит металлоконструкциям прослужить около 10–15 лет.

Эффективность также является немаловажным показателем защиты от коррозии. На рисунке № 3 указаны показатели эффективности различных видов защиты от коррозии.

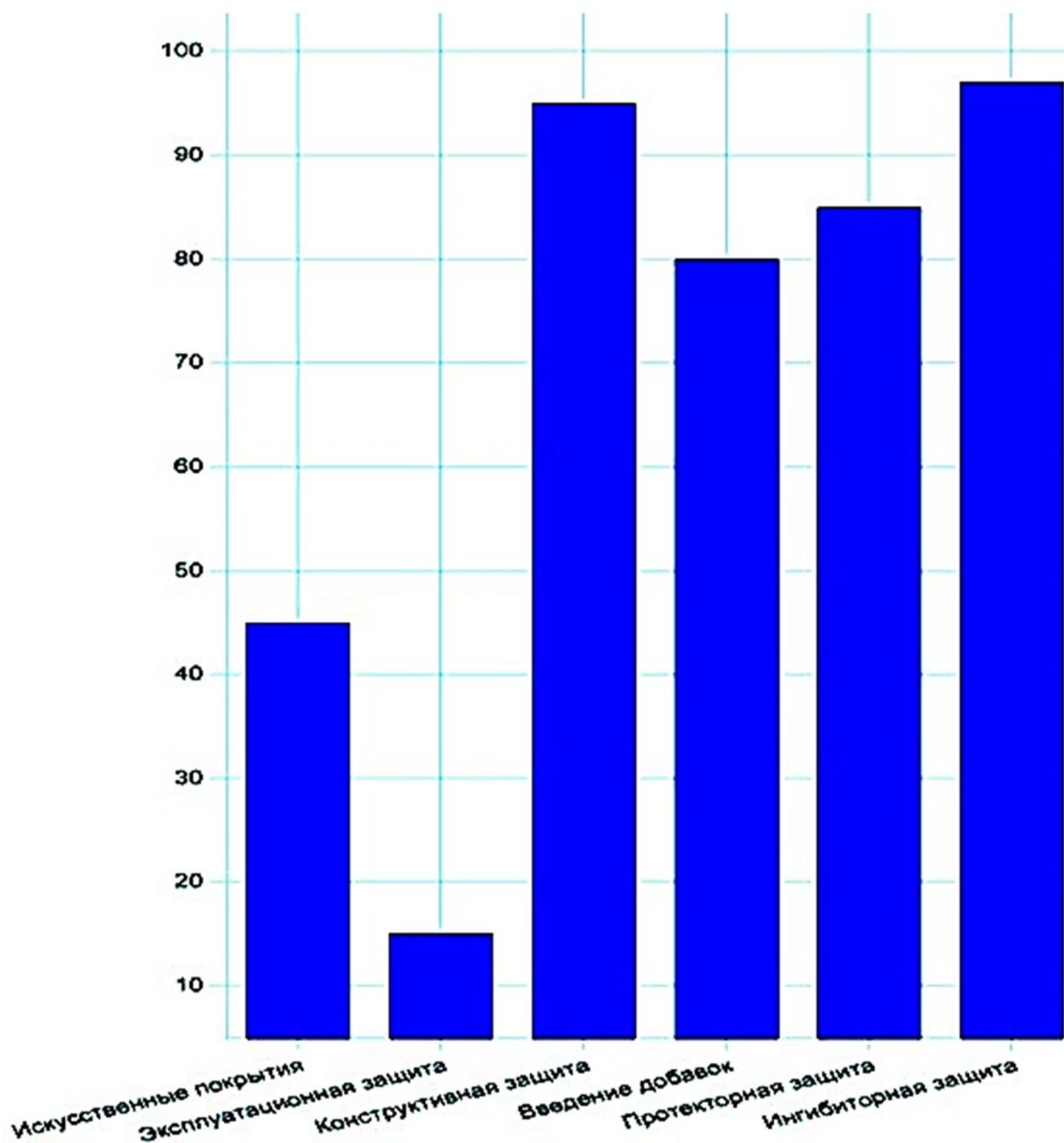


Рисунок 3 – Гистограмма эффективности различных видов защиты от коррозии, [%]

На данной гистограмме эффективности представлены процентные соотношения эффективности видов защиты от коррозии. Согласно графику, процентный показатель эксплуатационной защиты намного ниже, чем у других видов – 15 %. Прежде всего это связано с человеческим фактором и условиями эксплуатации. Искусственные покрытия имеют более высокий показатель – 45 %. Однако применение более качественных лакокрасочных материалов может улучшить данный результат. При анализе остальных видов защиты выявлено, что показатели конструктивной и ингибиторной защиты наиболее эффективны, 95–95 %. Ведение добавок и протекторная защита тоже показали высокий процент – 80–85 %.

Подводя итог вышесказанному, можно сделать вывод, что у каждого вида защиты от коррозии есть свои преимущества и недостатки, выраженные стоимостью каждого вида, сроком его службы и эффективностью применения [7, 8, 9].

Наиболее неэффективным способом защиты металлических конструкций от разрушения коррозией является эксплуатационный вид. Ввиду своей специфичности и

сложности он имеет наименьшие показатели эффективности и долговечности. Но данный тип защиты имеет один положительный показатель – стоимость услуг.

Самой качественной защитой от коррозии является конструктивная защита. Правильный подбор марки стали, с учетом реальных условий эксплуатации и опасности коррозии позволяет металлоконструкциям прослужить намного дольше. Однако данный вид защиты имеет одну из самых высоких цен на рынке строительных материалов и конструкций.

Таким образом, можно сказать, что более качественные виды защиты металлических конструкций и элементов от коррозии имеют большую стоимость, однако при их использовании есть гарантия долговечной и эффективной защиты от разрушения коррозией [9].

Литература

1. Гарифуллин Ф. Материаловедение и технология металлов / Ф. Гарифуллин, Г. Фетисов. – Изд. : Оникс, 2009. – 624 с.
2. Томашов Н.Д. Теория коррозии и коррозионностойкие конструктивные сплавы / Н.Д. Томашов, Г.П. Чернова. – М. : Металлургия, 1986.
3. Справочник проектировщика «Металлические конструкции» / Под общ. ред. В.В. Кузнецова. – М. : АСВ, 1998. – Т. 1.
4. Леонова А.Н. Электрохимическая коррозия металлов / А.Н. Леонова, Е.С. Мягкова // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник) КубГТУ. – М. : Издательский «Дом – Юг». – 2021. – № 4. – С. 119–121.
5. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. – М. : Издательство Физматлит, 2002. – 335 с.
6. Леонова А.Н. Особенности усиления металлических конструкций композитными материалами при воздействии агрессивной среды / А.Н. Леонова, О.Д. Софьяников, И.А. Скрипкина // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 496–509.
7. Сорокина Е. Оценка живучести металлических элементов при локальных повреждениях с учетом эффектов за пределами расчетной базы / Е. Сорокина, А. Леонова // В сборнике: MATEC Web of Conferences. – 2018. – С. 02008.
8. Аналитические аспекты проектирования металлических конструкций специального назначения / Е.Н. Карпанина, А.Н. Леонова, О.В. Сиротина, Д.А. Гура // Revista Publicando. – 2018. – Т. 5. – № 14-2. – С. 735–743.
9. Леонова А.Н. База данных учебного материала «Антикоррозионная защита и восстановление строительных конструкций» / А.Н. Леонова, Г.В. Гаврилов, А.А. Вороной // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2019621231, 10.07.2019. Заявка № 2019621119 от 01.07.2019.

References

1. Garifullin F. Materials Science and Technology of Metals / F. Garifullin, G. Fetisov. – Publisher : Oniks, 2009. – 624 p.
2. Tomashov N.D. Theory of corrosion and corrosion-resistant structural alloys / N.D. Tomashov, G.P. Chernova. – M. : Metallurgy, 1986.
3. Designer's handbook «Metal structures». Under total ed. V.V. Kuznetsova. – M. : ASV, 1998. – Vol. 1.
4. Leonova A.N. Electrochemical corrosion of metals / A.N. Leonova, E.S. Myagkova // The science. Technique. Technologies (Polytechnic Bulletin) KubGTU. – M. : Yug Publishing House, 2021. – № 4. – P. 119–121.
5. Semenova I.V. Corrosion and corrosion protection / I.V. Semenova, G.M. Florianovich, A.V. Khoroshi- lov. – M. : Fizmatlit Publishing House, 2002. – 335 p.
6. Leonova A.N. Features of strengthening of metal structures by composite materials at influence of aggressive environment / A.N. Leonova, O.D. Sofianikov, I.A. Skripkina // Vestnik MGSU. – 2020. – Vol. 15. – № 4. – P. 496–509.
7. Sorokina E. Evaluation of the survivability of metallic elements in local damage given the beyond design basis effects / Sorokina E., Leonova A. // In the collection: MATEC Web of Conferences. – 2018. – P. 02008.
8. Analytical aspects of special purpose metal structures design / E.N. Karpanina, A.N. Leonova, O.V. Siro- tina, D.A. Gura // Revista Publicando. – 2018. – Vol. 5. – № 14-2. – P. 735–743.
9. Leonova A.N. Database of training material «Anticorrosive protection and restoration of building structures» / A.N. Leonova, G.V. Gavrilo- v, A.A. Voronoy // Registration certificate for database RU 2019621231, 10.07.2019. Application № 2019621119 dated 01.07.2019.