

УДК 620.193.2

## ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ КОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ В ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТОМ РЕГИОНЕ

### OPERATIONAL RELIABILITY OF CORROSION PROTECTION OF STRUCTURES IN INDUSTRIALIZED REGION

**Черкасова Елизавета Викторовна,**  
кандидат хим. наук, доцент, e-mail: cherkasovaliza@mail.ru

**Cherkasova Yelizaveta V., C.Sc., Associate Professor**

**Золотухина Наталья Анатольевна,**  
кандидат хим. наук, доцент, e-mail: cherkasovaliza@mail.ru

**Zolotuhina Natalia A., C.Sc., Associate Professor**

**Горюнова Ирина Петровна,**  
кандидат хим. наук, доцент, e-mail: cherkasovaliza@mail.ru

**Goryunova Irina P., C.Sc., Associate Professor**

**Буланова Татьяна Владимировна,**  
кандидат хим. наук, доцент, e-mail: cherkasovaliza@mail.ru

**Bulanova Tatyana V., C.Sc., Associate Professor**

**Ченская Валентина Васильевна,**  
кандидат хим. наук, доцент, e-mail: cherkasovaliza@mail.ru

**Chenskaya Valentina V., C.Sc., Associate Professor**

Кузбасский Государственный Технический Университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennaya st., Kemerovo, 650000, Russia.

**Аннотация.** Рассмотрена важность защиты от коррозии в промышленно развитых регионах для обеспечения промышленной безопасности предприятий. Технический анализ металлических и железобетонных конструкций промышленных предприятий, работающих в контакте с производственной средой Кузбасса, показывает, что коррозия начинается через шесть месяцев после их ввода в эксплуатацию. Коррозионные компоненты производственной среды адсорбируются на бетонной и металлической поверхности, содержащей многомолекулярный слой воды, и растворяются в последнем с образованием электролитов, способствующих интенсивному развитию коррозионных процессов в цементном камне и металле в соответствии с электрохимическим механизмом. Этот процесс приводит к необратимому повреждению изделий. В результате, фактические сроки эксплуатационной надежности объектов не соответствуют нормативным требованиям и не обеспечивают необходимого уровня промышленной безопасности предприятия. Проведен анализ технических условий для изготовления металлических и железобетонных конструкций промышленных предприятий; коррозионных компонентов производственной среды. Предложены и обоснованы оптимальные решения для защиты от коррозии защищаемых поверхностей без их реновации.

**Abstract.** The importance of corrosion protection in industrialized regions, providing industrial security of enterprises is considered. The technical analysis of metal and concrete structures of industrial enterprises operating in contact with the industrial environment of Kuzbass region, shows that the corrosion attack begins six months after their commissioning. Corrosive components of industrial environment (aggressive dust particles, carbon oxide and dioxide, sulfur compounds, chlorine, nitrogen oxides, etc.) are adsorbed onto the concrete and metal surface, always having a multimolecular layer of water, and being dissolved in the latter form electrolytes promoting intensive development of corrosion processes in the cement stone and metal according to the electrochemical mechanism. This process leads to irreversible corrosion damage. As a result, the actual terms of operational reliability of the objects do not meet regulatory requirements and do not provide the required level of industrial safety of the enterprise. The analysis of the technical conditions of metal and concrete structures of industrial enterprises is made; the corrosive components of the industrial environment are valued. The optimal solutions for corrosion protection without the renovation of protected surfaces are offered and proved.

**Ключевые слова:** промышленное предприятие; коррозия; эксплуатационная надежность; защитные покрытия.

**Keywords:** industrial enterprise, corrosion, operational reliability, protective coatings.

Промышленная атмосфера Кузбасса формируется за счет добычи угля и химической промыш-

ленности и содержит большое количество вредных и агрессивных компонентов, в результате чего преждевременно выходят из строя металлические и железобетонные конструкции. Происходит внезапное разрушение объектов в условиях чрезвычайных ситуаций за счет результатов коррозии, угрожающее безопасности промышленных предприятий и экологическому состоянию региона [1].

Промышленная безопасность предприятий зависит от эксплуатационной надежности объектов - их способности выполнять заданные функции, сохраняя при этом свою операционную эффективность в заданных пределах в течение требуемого периода времени [2-9].

Технический анализ металлических и железобетонных конструкций промышленных предприятий, работающих в контакте с производственной средой, показывает, что коррозия начинается через 6 месяцев после их ввода в эксплуатацию.

Коррозионные компоненты производственной среды (агрессивные частицы пыли, диоксида углерода, соединений серы, хлора, оксидов азота и т.п.) адсорбируются на бетонной и металлической поверхности, содержащей многомолекулярный слой воды, и растворяются в последнем с образованием электролитов, способствующих интенсивному развитию коррозионных процессов в цементном камне и металле в соответствии с электрохимическим механизмом, что приводит к необратимому повреждению изделий. В результате, фактические сроки эксплуатационной надежности объектов не соответствуют нормативным требованиям и не обеспечивают необходимого уровня промышленной безопасности предприятия.

Таким образом, защита основных производственных объектов (зданий, сооружений и технологического оборудования) от коррозии является наиболее важной задачей среди методов увеличения продолжительности их жизни и службы без потери эксплуатационных свойств.

### **Материалы и методы**

Методы защиты от коррозии делятся на:

- применение коррозионно-стойких конструкционных материалов (первичная защита);
- использование поверхностных структур с различными покрытиями и применение электрохимических методов (вторичная защита).

Выбор проектного решения определяется технической и экономической целесообразностью с учетом:

- надежности и долговечности объекта;
- экономного использования цемента, металла и других материалов;
- использования физико-механических свойств применяемых материалов;
- минимальной стоимости установки и эксплуатации;
- максимальной механизации процесса;
- использования местных строительных материалов и промышленных отходов;

- отсутствия вредных факторов применяемых материалов;
- оптимальных санитарно-гигиенических условий для людей;
- пожаро- и взрывобезопасности.

В связи с вышеуказанными требованиями, метод вторичной защиты – формирование изоляционного покрытия с лакокрасочными материалами, в настоящее время считается лучшим решением. Главное требование к анткоррозионным покрытиям (АКП) - обеспечение надежной защиты для запланированного межремонтного периода. Основным критерием эксплуатационной надежности покрытия является время выхода из строя.

Проблема качественной защиты от коррозии всегда была важна. При неблагоприятных погодных условиях Кузбасса (температура ниже 10 ° С, туман, моросящий дождь, влажность выше 80%, когда поверхности становятся влажными) эта проблема усугубляется факторами, не позволяющими пользоваться лакокрасочное покрытие.

Опыт показывает, что даже при определенных условиях, таких как [10,11]:

- сокращение разрыва между пескоструйной обработкой и покраской до 1 часа;
- предварительный нагрев лакокрасочных материалов на 40-100 ° С (в зависимости от типа содержащихся растворителей);
- нанесение лакокрасочного покрытия с применением безвоздушного распыления;
- увеличение слоев грунтовки до трех, вместо двух нормативных и другие. Защитные свойства покрытий будут увеличены.

Помимо физически адсорбированной воды, которая вытесняется поверхностно-активными веществами, поверхность покрыта слоем хемосорбированной воды. Температурные пределы десорбции физически адсорбированной воды находятся в диапазоне 250-300 ° С, хемосорбируемой - до 430 ° С [12]. Таким образом, даже строгое соблюдение вышеупомянутых дополнительных требований, не может обеспечить требуемое качество лакокрасочного покрытия. Поскольку первый монослои наиболее сильно связан с поверхностью, то можно предположить, что полимер находится не в контакте с металлом, а с монослоем воды, адсорбированной на нем. Поэтому, как правило, нанесение лакокрасочных покрытий на влажные поверхности приводит к значительному уменьшению адгезии покрытия, появлению пузырей и субпленки от коррозии.

Есть различные способы улучшения адгезии покрытия и стабилизации:

- модификация поверхности с помощью поверхностно-активного вещества;
- ввод модификаторов в состав лакокрасочных материалов;
- применение лакокрасочных материалов перемещением воды с поверхности.

Последний метод, наименее изученный и ред-

ко используемый, интересен и перспективен, так как позволяет не только улучшить коррозионные свойства покрытия, но и повысить его надежность, а также надежность защищаемого объекта.

Достигнут существенный прогресс в научном развитии проблемы [13, 14], но проведенные исследования почти неприменимы на практике и не приводят к какому-то одному техническому решению, удовлетворяющему всем требованиям качества и надежной антикоррозионной защиты.

Целью нашей работы было нахождение решения следующих технических вопросов в рамках одного технологического проекта:

- применение материалов на влажных поверхностях из-за образования физических или химических связей с пленкой влаги на них;
- формирование покрытия при низкой температуре ( $5^{\circ}\text{C}$ ) и влажности (90 %);
- сокращение межслойной сушки слоев покрытия на три часа вместо 24 часов;
- устранение пескоструйного удаления окалины.

Последнее особенно важно для обеспечения адгезии покрытия к металлу. Дело в том, что все лакокрасочные материалы, традиционно используемые в Кузбассе, не "связываются" с прокатной окалиной и требуют удаления только пескоструйной обработкой. В большинстве случаев такую работу невозможно выполнить. Таким образом, металлы труб, телевизионных башен, мостов, линий электропередач и т.д. очень быстро теряет защиту от коррозии и, следовательно, эксплуатационную надежность: их фактическая надежность и безопасность не соответствует стандартам.

По результатам проведенных работ по развитию системы для обеспечения надежности защиты от коррозии металлических и бетонных поверхностей, которые удовлетворяют всем требованиям, разработаны методы, которые включают в себя операции подготовки поверхности, обезжиривание (обезвоживание), применение красок, режимы межслойной сушки и формирование покрытия.

Отечественные, коммерчески доступные материалы по ценам в десятки раз ниже, чем импортные аналоги, которые используются в этом техническом решении [15].

Материал эпоксидной грунтовки модифици-

рует окалину и ржавчину из-за присутствия в нем специальных добавок, обеспечивает пропитку ржавчины и максимальную стабилизацию продуктов коррозии, имеющих ингибирующее действие и комплексообразующие свойства. В отличие от кислых модификаторов, базовое покрытие, использованное нами, применено не только для ржавого, но и для чистого металла с помощью применения однослойного покрытия, имеющего защитные и декоративные свойства. Одна из составляющих слоя взаимодействует с влагой на металле или бетонной поверхности, обеспечивая высокую адгезию и нормативную обработку при низкой температуре ( $5^{\circ}\text{C}$ ) во влажной среде (90%).

Водопоглощающий органический растворитель, применяемый для обезжиривания поверхностей, в то же время устраниет на них многослойную пленку влаги и создает условия для взаимодействия основного покрытия с монослоем влаги во время его отверждения.

В качестве материала покрытия мы применили лакокрасочный материал нового поколения – материал, осажденный в слоях, в частности, эпоксидополихлорвинил, сушку в течение 1-3 часов в зависимости от температуры окружающей среды. Гарантийный срок эксплуатационной надежности в условиях очень «жесткой» промышленной среды, разлива кислот и щелочей - 10 лет.

Покрытия на основе разработанной системы защиты от коррозии имеют высокую адгезию и прочностные характеристики, герметичность и химическую стойкость к агрессивным газам, кислотам и щелочам в интервале температур от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+60\text{--}80^{\circ}\text{C}$ . Покрытия выдерживают нормативно-эксплуатационную надежность (10 лет) в неблагоприятных погодных условиях Кузбасса.

Эксплуатационная надежность промышленных объектов, которая сохраняется в соответствии с технологическими режимами и с использованием материалов, включенных в систему разрабатываемых мер защиты от коррозии, повышается в 5-10 раз по сравнению с объектами, имеющими традиционную защиту от коррозии.

*Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания №10.782.2014 К Министерства образования и науки России Федерации*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Старикова Е.Ю. Исследование коррозионной активности почв и грунтов // Вестник КузГТУ. 2007. №2. С.52-55.
2. Антикаин П. А. Обеспечение надежной эксплуатации котлов, сосудов и трубопроводов после исчерпания проектного срока службы // Теплоэнергетика. 1996. #12. С. 2-7.
3. Куликова Е. Ю. Исследование факторов агрессивного воздействия и коррозии конструкций подземных сооружений // Горный информационно-аналитический бюллетень 2007. # 6. С. 26-38.
4. Платонова Е.С., Жетесова Г.С., Юров В.М., Гученко С.А. Коррозионная стойкость деталей горно-шахтного оборудования // Труды университета. 2015. #2. С. 24-27.
5. Квасников М.Ю., Цейтлин Г.М. Фторсодержащие лакокрасочные композиции и покрытия на их основе // Журнал прикладной химии. 2009. #3. Т.82. Вып.3. С. 506-510.
6. Свищунова Т.В. Современные методы и защиты от коррозии// Металлург. 2007. #6.

7. Куранов Д.В. Основная причина формирования повреждений в железобетонных опорах эстакад после многолетней эксплуатации // Современные научные исследования и инновации. 2015. # 11 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/11/60007> (дата обращения: 01.04.2016).
8. Аверичева Г.А., Черкасова Т.Г. Технологические факторы повышения эксплуатационных свойств полимерсиликатных защитных покрытий // Вестник КузГТУ, 2003. #2. С. 56-60.
9. Аверичева Г.А., Черкасова Т.Г. Влияние состава полимерсиликатов на долговечность защитных покрытий // Вестник КузГТУ, 2003. #2. С. 48-55.
10. СНиП 2.03.11-85. Защита от коррозии строительных конструкций.
11. Материалы в машиностроении: Справочник. С.-Петербург: Машиностроение. 1984. 256 стр.
12. Кирбатиева Т.В Лакокрасочное покрытие при неблагоприятных погодных // Лакокрасочные материалы и их применение. 2011. #9. С.25-28.
13. Агафонов Г.И. Повышение защиты мощностью лакокрасочных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. 2000. #1. С.21-24.
14. Материалы конференции «Проблемы гидроизоляции, анткоррозийные покрытия и ремонт железобетонных конструкций». Дзержинск. 1997. С.17-19.
15. Елизаветский А.М., Рабников В.Н. Новые направления исследований в улучшении лакокрасочных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. 1995 #9. С.6-7.

## REFERENCES

1. Starikova E.Y. Issledovanie korrozionnoy aktivnosti pochv i gruntov [Research corrosiveness of soils] Vestnik KuzGTU. 2007. # 2. P.52-55.
2. Antikayn P. A. Obespechenie nadezhnoy ekspluatatsii kotlov, sosudov i truboprovodov posle ischerpaniya proektnogo sroka sluzhby [Ensuring safe operation of boilers, vessels and pipelines after the exhaustion of their design life.]. Teploenergetika [Thermal Engineering]. 1996. #12. P. 2-7.
3. Kulikova E. Y. Issledovanie faktorov agressivnogo vozdeystviya i korrozii konstruktsiy podzemnykh sooruzheniy [Study the impact of aggressive factors and structural corrosion of underground structures]. Zhurnal «Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'». 2007. # 6. P. 26-38.
4. Platonova E.S., Zhetesova G.S., Yurov V.M., Guchenko S.A. Korrozionnaya stoykost' detaley gorno-shakhtnogo oborudovaniya [The corrosion resistance of components of mining equipment]. Trudy universiteta. 2015. # 2. P. 24-27.
5. Kvasnikov M.Y., Tseytlin G.M. Fluorinated paint-and-varnish compounds and coatings prepared from them// Russian Journal of Applied Chemistry. 2009. # 3, Vol. 82. P. 506-510.
6. Svistunova T.V. Sovremennye metody i zashchity ot korrozii [Modern methods and protection against corrosion]. Metallurg [Metallurgist]. 2007. # 6.
7. Kurakov D.V. Osnovnaja prichina formirovaniya povrezhdenij v zhelezobetonnyh oporah jestakad posle mnogoletnej jekspluataci [The main reason for the formation of lesions in the concrete supports of flyovers , after many years of operation]. Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii. 2015. # 11. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/11/60007> (accessed: 01.04.2016).
8. Avericheva G.A., Cherkasova T.G. Tekhnologicheskie faktory povysheniya ekspluatatsionnykh svoystv polimersilikatnykh zashchitnykh pokrytiy [Technological factors enhance operating properties polymersilicate coatings]. Vestnik KuzGTU, 2003. # 2. P. 56-60.
9. Avericheva G.A., Cherkasova T.G. Vliyanie sostava polimersilikatov na dolgovechnost' zashchitnykh pokrytiy [Influence of composition polymersilicate durability protective coatings] Vestnik KuzGTU. 2003#2. P. 48-55.
10. SNiP 2.03.11-85. Zashchita ot korrozii stroitel'nykh konstruktsiy [Corrosion protection of building structures.].
11. Materialy v mashinostroenii: Spravochnik [Painting in mechanical engineering: Guide]. S.-Peterburg. Mashinostroenie. 1984. 256 p.
12. Kirbatiyeva T.V Lakokrasochnoe pokrytie pri neblagopriyatnykh pogodnykh // Lakokrasochnye materialy i ikh primenie. 2011. # 9. P. 25-28.
13. Agafonov G.I. Povyshenie zashchity moshchnost'yu lakokrasochnykh pokrytiy [Paint coating in adverse weather]. Lakokrasochnye materialy i ikh primenenie [Paintwork materials and its application]. 2000. # 1. P. 21-24.
14. Materialy konferentsii «Problemy gidroizolyatsii, antikorroziiye pokrytiya i remontzhelezobetonnykh konstruktsiy» [Materials of the 1st cross-sector conference «Problems of water proofing, anti-corrosion coatings and reinforced concrete structure repair»]. Dzerzhinsk. 1997. P.17-19.
15. Elizavetskiy A.M., Rabnikov V.N. Novye napravleniya issledovaniy v uluchshenii lakokrasochnykh pokrytiy [New fields of research in improvement of paint coatings]. Lakokrasochnye materialy i ikh primenenie [Paintwork materials and its application]. 1995 # 9. P.6-7.

Поступило в редакцию 12.12.2016

Received 12.12.2016