

УДК 691.714:620.169.1

Нормативные требования оценки коррозионной опасности при проектировании строительных объектов

¹Королёв В.П., д.т.н., ²Гибаленко А.Н., к.т.н.

¹Донбасский центр технологической безопасности
ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского», Украина
²ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Украина

Анотація. У статті представлено методологічний підхід до формування критеріїв корозійної небезпеки з урахуванням вимог забезпечення надійності та безпеки сталевих конструкцій. Сформульовано задачу підтвердження відповідності розрахункових показників корозійних впливів, засобів первинного та вторинного захисту, а також геометричних параметрів розрахункових моделей вимогам забезпечення несучої здатності, експлуатаційної придатності та довговічності сталевих конструкцій. При проектуванні конструкцій враховується рівень корозійної небезпеки будівельного об'єкта, класифікаційні ознаки сталевих конструкцій та їхніх захисних покриттів за категорією відповідальності.

Аннотация. В статье представлен методологический подход к формированию критериев коррозионной опасности с учетом требований обеспечения надежности и безопасности стальных конструкций. Сформулирована задача подтверждения соответствия расчетных показателей коррозионных воздействий, средств первичной и вторичной защиты, а также геометрических параметров расчетных моделей требованиям обеспечения несущей способности, эксплуатационной пригодности и долговечности стальных конструкций. При проектировании конструкций учитывается уровень коррозионной опасности строительного объекта, классификационные признаки стальных конструкций и их защитных покрытий по категории ответственности.

Abstract. The paper presents a methodological approach to the formation of corrosion hazard criteria taking into account the requirements of structural safety and reliability assurance. The task of conformity of the design indices of corrosion impacts, primary and secondary protection means, as well as the geometric parameters of the design models with the requirements for assuring the load capacity, serviceability and durability of steel structures is formulated. In the course of structure design, the level of facility corrosion hazard, classification features of steel structures and their protective coatings as per the criticality category are taking into account.

Ключевые слова: стальные конструкции, противокоррозионная защита, расчет по предельным состояниям, коррозионная стойкость, долговечность, ремонтоспособность, уровень коррозионной опасности.

Постановка проблеми. Проблема ресурсосбереження і забезпечення безпеки при проектуванні сталевих конструкцій в агресивних середовищах пов'язана з вибором ефективної системи противокорозійної захисту. Корозійне руйнування є одним з основних недоліків будівельних металоконструкцій, для усунення якого потребуються додаткові витрати матеріальних ресурсів. В наші часи

время около 50 % металлофонда зданий и сооружений различных отраслей промышленности и сельского хозяйства работает в условиях средне- и сильноагрессивных воздействий. Кроме технических аспектов, связанных с безопасностью эксплуатации, обеспечение сохранности основных фондов имеет важный экологический характер. Аварии и разрушения металлоконструкций в результате низкого качества противокоррозионной защиты сопровождаются загрязнением среды и ухудшением экологической обстановки промышленных регионов [1 – 4].

Промышленные предприятия, инженерные коммуникации, объекты жилищно-коммунального хозяйства и транспортной инфраструктуры включают сооружения, конструкции, машины и оборудование, которые при ухудшении эксплуатационных свойств могут переходить в категорию объектов повышенной опасности [5]. Как правило, это становится реальностью по причинам значительного уровня износа, отсутствия регламентных сроков обновления основных фондов, сложного экономического и финансового состояния большинства субъектов хозяйственной деятельности. В последнее время к перечисленным причинам добавились проблемы низкого качества подготовки специалистов, устаревшая нормативно-техническая база, которые привели к снижению исполнительской дисциплины и эффективности технического обслуживания объектов, эксплуатирующихся в агрессивных средах.

Рассмотрение вопроса «О состоянии защиты металлофонда Украины от коррозии» состоялось на заседании Межведомственной комиссии по вопросам научно-технологической безопасности при Совете национальной безопасности и обороны Украины 13 октября 2009 г. В Решении комиссии указано на критическое состояние основных производственных фондов по уровню коррозионной защищенности, которое повышает риск возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера и составляет в соответствии со статьей 7 Закона Украины «Про основи національної безпеки України» угрозу национальной безопасности в экономической и экологической сферах. На основе анализа действующих нормативно-технических и организационно-экономических механизмов регулирования в сфере защиты металлов от коррозии определено, что установленные до настоящего времени подходы не соответствуют требованиям обеспечения безопасности продукции, изложенным в Директиве Европейского парламента и Совета 2001/95/ЕС от 3 декабря 2001 г. В качестве первоочередных мер Решением комиссии предлагается разработка законопроекта «Об основных принципах государственной политики в сфере защиты металлофонда от коррозии» и государственной целевой экономической программы ресурсосбережения и защиты от коррозии в базовых отраслях промышленности Украины.

Комплексный и многофакторный процесс коррозии и защиты материалов определен нормативной базой, которая включает свыше 125 стандартов «Единой системы защиты от коррозии и старения». Техническое определение коррозии является достаточно широким и классифицирует ее как взаимодействие материала с окружающей средой. На фундаментальном уровне проблема коррозии связана с изучением закономерностей механоэлектрохимической кинетики коррозионных процессов и механизмов противокоррозионной защиты. Материаловедческие аспекты основных тенденций разработки коррозионно-стойких материалов, средств и методов противокоррозионной защиты составляют общеинженерный уровень для преодоления огромного спектра явлений, сопровождающих деградационные процессы изделий и конструкций во всех отраслях экономики. Следовательно, коррозионные повреждения вызывают ущерб, который связан с ухудшением эксплуатационных свойств, снижением несущей способности конструктивных элементов и дополнительными затратами на восстановление работоспособности строительных объектов в процессе эксплуатации.

Учитывая тяжелые последствия бездействия последних двух десятилетий в области технического регулирования проблемы коррозии, разработка основ государственной политики и новой концепции государственной программы защиты от коррозии должны опираться на принципы стратегического антикризисного управления.

Целью статьи является анализ требований к обеспечению качества защиты от коррозии строительных металлоконструкций при проектировании строительных объектов по критерию коррозионной опасности.

Среди многообразия направлений в области коррозии и защиты металлических конструкций следует выделить три уровня постановки и решения задач:

I уровень (фундаментальный) – связан с изучением закономерностей механоэлектрохимической кинетики коррозионных процессов и механизмов противокоррозионной защиты;

II уровень (общеинженерный) – включает в себя материаловедческие аспекты, определяющие основные тенденции в разработке коррозионно-стойких материалов, средств и методов противокоррозионной защиты;

III уровень (прикладной) – определяет требования по обеспечению надежности и долговечности конструкций, машин или оборудования с учетом установленной системы противокоррозионных мероприятий и условий эксплуатации объектов.

Как самостоятельная дисциплина, теория металлических конструкций рассматривает проблему коррозионного разрушения и защиты металлоконструкций зданий и сооружений с учетом конструктивных, технологических и эксплуатационных особенностей объектов. Создание долговечных

и экономичных конструктивных форм, способных длительное время сохранять работоспособность при заданных физико-химических воздействиях коррозионных сред, должно начинаться на стадии проектирования и учитывать требования технологической безопасности и эксплуатационной надежности. В этих условиях требуется создание нормативно-технической базы, позволяющей производить расчетную оценку показателей надежности строительных металлоконструкций с учетом коррозионных воздействий и эффективности мер противокоррозионной защиты.

Обеспечение надежности при проектировании противокоррозионной защиты. Развитие нормативной базы в Украине осуществляется с использованием опыта Европейского Союза [6]. Постановлением Кабинета Министров Украины от 20.12.2006 г. № 1764 утвержден Технический регламент строительных изделий, зданий и сооружений, разработанный с учетом требований затверждено Директивы Совета Европы от 21.12.1988 г. про сближение законов, подзаконных актов и административных положений государств – членов Совета ЕС в отношении строительной продукции.

Применительно к процедуре проектирования металлоконструкций Минрегион Украины утверждены строительные нормы [7 – 10], определяющие работу конструкций как влияние приложенных воздействий или предусмотренных условий эксплуатации на установленный уровень технических характеристик объекта. Подтверждение основных требований по механическому сопротивлению и стойкости конструкций основывается на концепции предельных состояний с использованием соответствующих расчетных моделей. Сооружение должно быть запроектировано таким образом, чтобы в течение расчетного срока службы не снижались его эксплуатационные характеристики ниже намеченного уровня. При этом необходимо учитывать влияние окружающей среды и ожидаемый уровень технического обслуживания.

Для обеспечения долговечности конструкций зданий и сооружений следует либо проектировать их с учетом воздействий агрессивной среды, либо защищать их от этих воздействий [11, 12]. Коррозионное разрушение является основным недостатком металлоконструкций, для устранения которого требуется привлечения дополнительных материально-технических ресурсов для обеспечения надежности и долговечности строительных объектов в условиях агрессивных воздействий. Выбор стратегии предупреждения и контроля коррозии на основе современных технологий противокоррозионной защиты определяется эффективностью управления и снижения затрат на всех стадиях жизненного цикла конструкций. При отсутствии целенаправленного подхода к выбору средств и методов защиты необоснованные конструктивные и технологические решения вызывают

преждевременное разрушение и рост эксплуатационных затрат на восстановление работоспособности или полную замену проблемных конструкционных элементов. Среди причин, обостряющих проблему защиты от коррозии, следует выделить недостаточные меры по снижению степени агрессивности воздействий, низкую коррозионную стойкость строительных сталей, недостаточную оснащенность современными средствами и методами противокоррозионной защиты.

Методология стандартов серии ISO 9001 включает восемь принципов менеджмента качества, способствующие достижению целей для разработанной системы и организационной структуры управления при проектировании противокоррозионной защиты строительных металлоконструкций [13]. Разработка средств и методов защиты от агрессивных воздействий для обеспечения заданных показателей надежности и безопасности должна предусматривать техническое регулирование по требованиям заказчика конструктивных и технологических мер первичной и вторичной защиты при изменении расчетной ситуации, устанавливающей эксплуатационные характеристики объекта. Политика руководства определяет цели менеджмента качества по показателям коррозионной стойкости и долговечности, сформулированные в техническом задании на проектирование конструкций зданий и сооружений. Расчетные модели преобразования требований надежности и безопасности в характеристики эксплуатационных свойств конструкций устанавливают методы контроля качества, диагностики коррозионного состояния, целесообразность вовлечения специализированных организаций и экспертов для выполнения процедур подтверждения качества. Таким образом, гарантии качества, представленные спецификациями по ресурсу при проектировании и изготовлении реализуются на основе процессного подхода, отражающего систему технического обслуживания и ремонта конструкций в течение установленного срока службы объекта. Системный подход к управлению предполагает идентификацию и формализованное описание напряженно-деформированного состояния конструкций на основе заданного уровня коррозионной опасности строительного объекта. Разработанная технология мониторинга коррозионного состояния обеспечивает возможность оценки параметров регулирования ресурса конструкций для реализации политики постоянного улучшения, направленной на совершенствование мер первичной и вторичной защиты. Преимущества регистрационного метода оценки показателей ремонтно-пригодности стальных конструкций по фактическому состоянию позволяют сформулировать подход к принятию решений для обеспечения технологической безопасности конструкций зданий и сооружений в коррозионных средах. Можно заключить, что установленная организационная структура взаимовыгодных отношений с поставщиками

на основе принципов менеджмента качества противокоррозионной защиты является основой для обоснования гарантированных показателей коррозионной стойкости и долговечности при проектировании металлоконструкций.

Управление безопасностью на основе критериев предельных состояний для заданных показателей качества и долговечности металлоконструкций включает процессный подход при обосновании средств и методов защиты от коррозии [14]. В соответствии с требованиями ДБН В.1.2-14 заданная надежность конструкций должна быть обеспечена на всех стадиях жизненного цикла конструкций:

- определены условия сохранения проектных характеристик несущей способности, эксплуатационной пригодности и долговечности с учетом степени агрессивности воздействий;
- установлены необходимые конструктивные, технологические и эксплуатационные свойства первичной и вторичной защиты от коррозии, соответствующие принятой системе технического обслуживания и ремонта.

С позиций положений ДБН В.2.6-163 [10] работоспособность металлоконструкций при нормальной эксплуатации в течение установленного срока службы конструкций определяется правильным выбором расчетной модели и расчетной ситуации. Расчетный срок эксплуатации принимается равным периоду, на протяжении которого предполагается использование здания или сооружения по его функциональному назначению. Для определения предполагаемого расчетного срока эксплуатации конструкций ДСТУ Б В.2.6-193 установлены требования к мерам первичной и вторичной защиты от коррозии.

Нормативные положения документов [10, 11, 13] обеспечивают методический подход для постановки задачи подтверждения соответствия расчетной модели и расчетной ситуации требованиям обеспечения несущей способности, эксплуатационной пригодности и долговечности стальных конструкций на основе исходных данных:

- нормативных (базовых, характеристических) воздействий и репрезентативных значений факторов коррозионной агрессивности;
- расчетных характеристик коррозионной стойкости, долговечности и ремонтпригодности конструкций и их защитных покрытий;
- классификационных признаков уровня коррозионной опасности стальных конструкций и их защитных покрытий по категории ответственности;
- логистической структуры постоянных, временных и аварийных расчетных ситуаций менеджмента противокоррозионной защиты.

Основу логистического подхода и методов риск-анализа составляют информационные базы данных и имитационные модели, включающие аналитические, технологические и маркетинговые задачи. Принятие решений по рациональному выбору мер защиты от коррозии связано с обеспечением технологической безопасности в течение расчетного срока эксплуатации объекта [15].

Расчетные модели, категории ответственности и уровни коррозионной опасности. В соответствии с разработанным подходом, оценка качества строительных конструкций выполняется по совокупности показателей коррозионной стойкости, долговечности и ремонтпригодности, обуславливающих нормативные требования по безопасности и пригодности к нормальной эксплуатации зданий и сооружений.

Выбор способов защиты от коррозии стальных конструкций определяется условиями эксплуатации, степенью агрессивного воздействия и конструктивными особенностями [6]. Критерием, характеризующим решение логистической проблемы обоснования средств и методов противокоррозионной защиты являются минимальные затраты на поддержание качества и безопасности объекта в течение заданного срока эксплуатации.

Обоснование проектных показателей долговечности стальных конструкций предлагается производить по разработанной методике с учетом коэффициентов надежности и готовности противокоррозионной защиты. Коэффициенты надежности первичной и вторичной защиты учитывают неопределенность расчетных моделей коррозионной опасности конструкций и сооружений. Коэффициент готовности стальных конструкций принят в качестве комплексного показателя ремонтпригодности для анализа вариантов конструктивных и технологических мер первичной и вторичной защиты.

Нормами определен порядок оценки степени агрессивности воздействий окружающей среды, которые следует учитывать при выборе конструкционных материалов, обосновании спецификаций противокоррозионной защиты по уровню коррозионной опасности.

Степень коррозионной агрессивности режима эксплуатации устанавливают для конкретных объектов в зависимости от макроклиматического района, категории размещения конструкций по ГОСТ 15150, характера технологических выделений и материала конструктивных элементов зданий и сооружений. Состав и степень агрессивности воздействий следует принимать для однородных зон эксплуатации промышленных и гражданских объектов по данным технологической документации или результатам замеров.

Основной характеристикой агрессивных сред является характеристическое значение годовых коррозионных потерь A_n , г/м², условно приведенное к незащищенной поверхности стали класса С 235. Переход к другим материалам осуществляется в соответствии со специальными указаниями норм проектирования.

Расчетное значение годовых коррозионных потерь A определяют по формуле:

$$A = \gamma_{jk} A_n \tau / 8760, \quad (1)$$

где τ – продолжительность воздействия коррозионно-активных компонентов в часах за год; γ_{jk} – коэффициент надежности по воздействиям, зависящий от степени агрессивности и категории размещения конструкций принимаемый по табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты надежности по воздействию коррозионных сред

Категории размещения конструкций	Значения коэффициента γ_{jk}					
	Неагрессивная	Слабоагрессивная	Низкоагрессивная	Среднеагрессивная	Высокоагрессивная	Сильноагрессивная
На открытом воздухе	1,05	1,10	1,15	1,20	1,20	1,25
Под навесом	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15	1,20
Внутри неотапливаемых помещений	1,00	1,05	1,10	1,10	1,15	1,15
Внутри отапливаемых помещений	1,00	1,00	1,05	1,05	1,10	1,10

Для конструкций, находящихся в условиях агрессивной среды рекомендуется применять стальной прокат из сталей с повышенной коррозионной стойкостью.

По показателям коррозионной стойкости стали подразделяются на три группы (рис.1):

I группа – стали обычной коррозионной стойкости (близкой к ВСтЗпс) включают малоуглеродистые стали, низколегированные типа 09Г2С, 10Г2С, 15Г2СФ, 18Гпс;

II группа – стали пониженной коррозионной стойкости марки 09Г2, 14Г2, 14Г2СМФР в условиях средне-, высоко-, и сильноагрессивных сред;

III группа – атмосферостойкие (экономно легированные) стали марок 10ХДП, 10ХНДП, 2ХГДАФ для слабо- и низкоагрессивных сред.

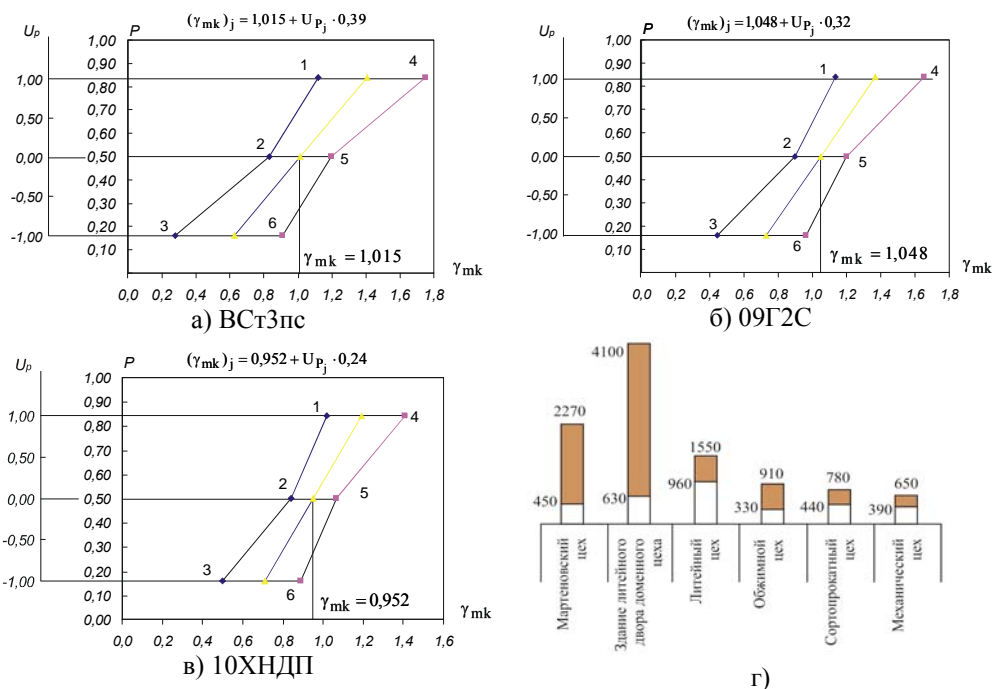


Рис. 1. Репрезентативні значення показателів корозійної стійкості: (а, б, в) – графіки функцій розподілу коефіцієнтів надійності по матеріалу для сталей в середнеагресивних середовищах; (г) – зонирование режиму експлуатації по показателю A_n , g/m^2 год.

Проектна документація на будівельні сталеві конструкції розробляється в відповідності з ДБН А.2.2-3, ДСТУ Б А.2.4-4, ДСТУ Б А.2.4-7 і ДСТУ Б А.2.4-43. В робочій документації (чертежі КМ) представляються дані по строкам служби сталевих конструкцій, ступені агресивності впливів, рекомендації по вибору систем захисних покриттів, ступені підготовки поверхні, проектний рівень корозійної небезпеки для виконання вимог протикорозійної захисту в відповідності з нормами ДСТУ Б В.2.6-193 і ДСТУ Б В.2.6-186.

Допускається збільшення товщини проката і стінок труб з урахуванням рівня корозійної небезпеки на основі результатів порівняльної оцінки переваг проектних рішень для забезпечення надійності або по умовам замовника. Збільшення товщини сечень визначається по розрахунковим показателям якості первинної захисту і ступені агресивності впливів згідно ДСТУ Б В.2.6-193.

Учитывать увеличение сечений элементов при оценке несущей способности и долговечности допускается только при условии оценки соответствия стальных конструкций на основе требований ДСТУ-Н Б А.1.2-6.

Область применения материалов и рациональность их выбора зависит от назначения конструкций зданий и сооружений. В зависимости от последствий, вызванных воздействием агрессивных сред, установлены четыре категории ответственности стальных конструкций и их защитных покрытий:

П1 – категория ответственности, не допускающая снижения декоративных свойств вторичной защиты;

П2 – категория ответственности, не допускающая снижения защитных свойств вторичной защиты;

П3 – категория ответственности, допускающая снижение защитных свойств вторичной защиты;

П4 – категория ответственности, допускающая снижение защитных свойств первичной защиты.

Подтверждение соответствия класса материала средств первичной и вторичной защиты категориям ответственности стальных конструкций и их защитных покрытий производится в соответствии с показателями, представленными в табл. 2.

Как правило, все конструкции строительного объекта рассчитываются с учетом предельных состояний первой и второй групп. Предусмотренные меры обеспечения живучести по уровню коррозионной опасности должны быть зафиксированы в проектной документации в соответствующих спецификациях по контролю и надзору за конструкциями [4]. При анализе аварийных расчетных ситуаций для объектов классов последствий СС3 и СС2 рассматриваются требования предотвращения прогрессирующего разрушения в результате коррозионных воздействий.

Коррозионное разрушение стальных конструкций определяется внешними воздействиями режима эксплуатации и зависит в первую очередь от степени агрессивности среды. Учет электрохимической кинетики коррозионного разрушения в прочностных расчетах производится на основе физических моделей, характеризующих изменения геометрических параметров и свойств материала во времени при действии нагрузок и агрессивных воздействий. С точки зрения аппарата строительной механики, предупреждение прогрессирующего разрушения конструкций можно выполнять в расчетах по предельным состояниям путем введения фиктивных внешних нагрузок с учетом уровня коррозионной опасности. Задача обеспечения живучести по уровню коррозионной опасности состоит в определении фиктивных нагрузок, дополнительных переме-

щений и усилий, вызываемых этими нагрузками, для обоснования расчетных ситуаций при наличии признаков коррозионных поражений и повреждений [16].

Таблица 2

Характеристики коррозионной стойкости материалов и конструкций при оценке соответствия по уровню коррозионной опасности

Шкала стойкости металлов и покрытий				Категория ответственности конструкций и защитных покрытий	Коэффициенты надежности	
Группа стойкости по ГОСТ 13819-68	Оценка стойкости балл	Глубина поражения, мм/год	Класс материала первичной и вторичной защиты		Первичной защиты, γ_{zk}	Вторичной защиты, γ_{zn}
Нестойкие (IV)	8	1 – 5	I	C4	От 0,80 до 0,85	От 0,85 до 0,90
	7	0,5 - 1				
Пониженно-стойкие (III)	6	0,1-0,5	II	C3	» 0,85	» 0,90
	5	0,05-0,1				
Удовлетворительно-стойкие (II)	4	0,01-0,05	III	C2	» 0,90	» 0,95
	3	0,005-0,01				
Стойкие (I)	2	0,001-0,005	IV	C1	» 0,95	» 0,99
	1	Менее 0,001				

Рассмотрение параметров напряженно-деформированного состояния в расчетах на коррозионную стойкость и долговечность выполняется на основе зависимостей:

I предельное состояние:

$$A_f = (1 - \gamma_{zk})mt; \quad (2)$$

$$N/\gamma_{zk} \leq \Phi; \quad (3)$$

II предельное состояние:

$$T_{zk} = \sqrt[c]{\gamma_{fk} A_f / A_n}; \quad (4)$$

где Φ – предельное усилие, которое может воспринять рассчитываемый элемент, кН; N – наибольшее расчетное усилие в конструктивном элементе, кН; γ_{zk} – коэффициент надежности первичной защиты; A_f – заданная фиктивная коррозионная нагрузка, г·год/м²; A_n – характеристическое значение коррозионных потерь, г/(м² год); T_{zk} – расчетный срок службы первичной защиты, год; c – коэффициент кинетики коррозионного износа, принимаемый с учетом группы коррозионной стойкости стали; $m=7,85 \cdot 10^4$ – переводной коэффициент коррозионных потерь, г/см³; t – приведенная толщина сечения элемента, см.

Структурные схемы показателей надежности представлены потоковыми графами, описывающими изменения коррозионного состояния стальных конструкций с учетом конструктивных и технологических вариантов противокоррозионной защиты при обслуживании объектов по фактическому состоянию в течение установленного срока службы.

Структура показателей живучести стальных конструкций в коррозионных средах определяется с учетом требований по расчетно-экспериментальной оценке, техническому контролю и диагностике эксплуатационных свойств для объектов соответствующих классов ответственности.

Выводы

Проектирование мер защиты от коррозии по критерию коррозионной опасности позволяет обеспечивать требования надежности строительных металлоконструкций на основе расчетных положений метода предельных состояний и менеджмента технологической безопасности в течение установленного срока службы строительных объектов.

Литература

- [1] Защита металлических и железобетонных строительных конструкций от коррозии : Тез. докл. VI Всесоюзн. научн.-техн. конф. (Донецк, 4–6 сентября 1978, г.). – Донецк : 1978. – 95 с.
- [2] Коррозия и защита строительных конструкций производственных зданий и сооружений : Тез. докл. VIII Всесоюзн. научн.-практ. конф. (Донецк-Макеевка, 15–17 мая 1990, г.). – Донецк : 1990. – 124 с.
- [3] Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж : Матеріали наук.-практ. конф. (Донецьк, 9–12 червня 2003 р.). – Донецьк : УАМК, 2003. – 247 с.
- [4] Донбас-Ресурс 2011. Якість і безпека у будівництві : Тези доповідей конференції. – К. : Вид-во «Сталь». – 116 с.
- [5] Шимановський О. В. Концептуальні основи системи технічного регулювання надійності й безпечності будівельних конструкцій / О. В. Шимановський, В. П. Корольов // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2008. – №1. – С. 4–9.
- [6] Барзилович Д. В. Технічне регулювання – фактор забезпечення реалізації державної політики у будівництві // Д. В. Барзилович // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2011. – № 3. – С. 2–6.
- [7] Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації : ДБН В.1.2-9-2008. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 21 с. – (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Державні будівельні норми України).

- [8] Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість : ДБН В.1.2-6-2008. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 15 с. – (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Державні будівельні норми України).
- [9] Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ : ДБН В.1.2-14-2008. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 30 с. – (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Державні будівельні норми України).
- [10] Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу : ДБН В.2.6-163:2010. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 220 с. – (Конструкції будівель і споруд. Державні будівельні норми України).
- [11] Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування : ДСТУ Б В.2.6-193:2013. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 74 с. – (Національний стандарт України).
- [12] Настава щодо захисту будівельних конструкцій будівель та споруд від корозії : ДСТУ-Н Б В.2.6-186:2013. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 45 с. – (Національний стандарт України).
- [13] ISO 12944-5:2007 Paints and varnishes - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems - Part 5: Protective paint systems : ISO 12944-5:2007. – Geneva : ISO, 2007. – 28 p. – (Краски и лаки. Антикоррозионная защита стальных конструкций с помощью защитных лакокрасочных систем. Часть 5. Защитные лакокрасочные системы. Международный стандарт).
- [14] Korolov V. Monitoring of steel structure corrosion state / V. Korolov, Y. Vysotskyu, A. Ryzhenkov // EUROCORR-2007: The European Corrosion congress : book of abstracts – Freiburg im Breisgau, Germany, 2007. – P. 276.
- [15] Королёв В. П. Реинжиниринг для обеспечения технологической безопасности конструкций зданий и сооружений / В. П. Королёв, О. Б. Лотоцкий, Ю. В. Филатов // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2008. – №2. – С. 28.
- [16] Korolov V. Management of the Quality of Corrosion Protection of Structural Steel Based on Corrosion Risk Level / [V. Korolov, Y. Filatov, N. Magunova, P. Korolov] // Journal of Materials Science and Engineering A & B. ; Volume 3, Number 11. – New York : David Publishing Company, 2013. – P. 740–747.

Надійшла до редколегії 20.08.2014 р.