

УДК 624.072.002.2

Критические функции безопасности при анализе рисков коррозионного разрушения стальных конструкций

Королёв В.П., д.т.н.

ДонЦТБ ООО «Укринсталькон им. В.Н. Шимановского», Украина

Аннотация. Разработанный подход позволяет выполнять оценку коррозионной опасности как состояния или ситуации (угрозы), при которых увеличивается вероятность наступления ущерба.

Анотація. Розроблений підхід дозволяє виконувати оцінку корозійної небезпеки включає певний стан або ситуацію, при яких збільшується вірогідність настання збитку.

Abstract. The developed concept allows to estimate the corrosion risk as the conditions or the situations (threats) increasing the probability of damages.

Ключевые слова: Коррозионная стойкость, долговечность, защитные покрытия стальных конструкций, предельные состояния, коррозионная опасность.

Введение. Развитие экономики неразрывно связано с увеличением объемов строительства как инвестиционно привлекательной отрасли. В условиях мощного взаимообмена технологиями и материалами строительных рынков разных стран, ориентации на европейские принципы стандартизации требуются новые подходы к формированию нормативно-правовой базы в строительстве, к системе обеспечения качества строительной продукции. Коррозионные воздействия на строительные конструкции — один из основных факторов, значительно снижающих реальный ресурс их использования. Существенные затраты материальных ресурсов, а также аварии и разрушения, вызванные коррозионными воздействиями на металлоконструкции, определяют значимость проблемы надежности и долговечности строительных конструкций. Критическое состояние основных производственных фондов по уровню коррозионной опасности вызвано высокой агрессивностью воздействий, низкой коррозионной стойкостью строительных сталей, недостаточной эффективностью средств и методов противокоррозионной защиты

Цель данной работы связана с формированием требований безопасной эксплуатации конструкций зданий и сооружений с учетом возможностей технического регулирования качества противокоррозионной защиты.

Реализация задачи обеспечения надежности, долговечности и безопасной эксплуатации стальных конструкций предполагает создание комплекса технических требований к оценке показателей качества первичной и вторичной защиты от коррозии. Надежная защита строительных металлических конструкций и элементов от коррозии определяет их безаварийную и экономичную эксплуатацию в течение заданного срока службы.

Управление качеством защиты от коррозии. Менеджмент качества для проектной системы защиты конструкций от коррозии включает восемь принципов в соответствии с положениями ISO 9000:2008. 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 (рис. 1.1). **Системный подход к управлению** предполагает идентификацию и формализованное описание напряженно-деформированного состояния конструкций на основе зависимостей коррозионной системы «Нагрузка-Конструкция-Среда» [1]. 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 ремонтпригодности стальных конструкций по фактическому состоянию позволяют сформулировать **подход принятия решений** для обеспечения технологической безопасности конструкций зданий и сооружений в коррозионных средах. Можно заключить, что предлагаемая организационная структура **взаимовыгодных отношений с поставщиками** на основе принципов менеджмента качества

противокоррозионной защиты является основой для обоснования гарантированных показателей коррозионной стойкости и долговечности.

Критические функции безопасности. Для обеспечения надежности стальных конструкции необходимо обоснование мер первичной и вторичной защиты (рис. 1.1). Первичная защита включает конструктивные решения, повышающие коррозионную стойкость за счет рационального выбора стали, концентрации материала в сечениях, сопротивления внутренним факторам коррозии (местной, питтинговой, контактной, щелевой коррозии, коррозионному растрескиванию, коррозионной усталости и т. п.). Вторичная защита обеспечивает долговечность конструкций на основе правильного выбора защитных противокоррозионных покрытий. Расчет на коррозионную стойкость, долговечность и ремонтпригодность стальных конструкций связан с учетом показателей качества мер первичной и вторичной защиты на основе признаков предельных состояний первой и второй группы.

Предлагаемый порядок расчета стальных конструкций на коррозионные воздействия основывается на следующих условиях безопасности [1, с. 81]:

Учет опасности коррозионного разрушения выполняется на основе критериев вероятностных методов I уровня при раздельном рассмотрении нагрузок, воздействий и несущей способности.

Расчет на коррозионную стойкость производится по I и II группам предельных состояний, связанным с потерей несущей способности и ограничениями чрезмерных деформаций. Расчет показателей долговечности устанавливает критерии, появление которых затрудняет нормальную эксплуатацию конструкций в агрессивных средах.

Анализ показателей коррозионной стойкости и долговечности строительных металлоконструкций выполняется на основе изучения причинно-следственных связей внешних и внутренних факторов.

Изменчивость воздействий учитывается путем определения наиболее неблагоприятного сочетания экстремальных значений факторов агрессивной среды. Состав и интенсивность агрессивных воздействий устанавливается по данным строительной климатологии, нормативным параметрам коррозионной агрессивности атмосферы, результатам статистической оценки эксплуатационных воздействий рабочих сред.

Случайный характер показателей коррозионной стойкости, связанный с природой металлургических факторов, рассматривается для строительных сталей на основе нормального распределения, обеспечивающего точность оценки параметров процессов износа и старения.

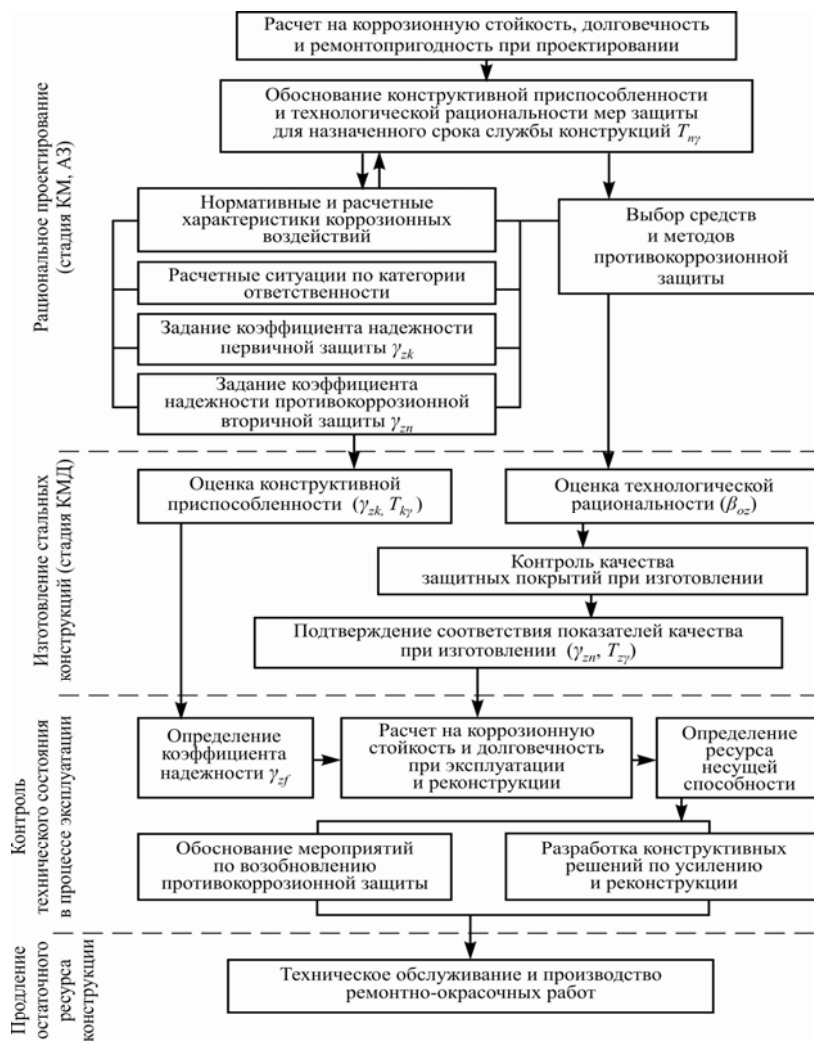


Рис.1.1. Схема процессного подхода к выбору мер первичной и вторичной защиты стальных конструкций от коррозии.

КМ - конструкции металлические
КМД - конструкции металлические детализованные
АЗ - антикоррозионная защита

Рассматривается работа материала стальных конструкций на действие статических нагрузок, без учета природы мало- и многоциклового коррозионной усталости.

Оценка показателей коррозионной стойкости и долговечности выполняется для однородных конструктивных элементов в пределах

однородных по составу и интенсивности воздействий зон эксплуатации промышленных и гражданских объектов.

Установленные условия безопасности обеспечивают возможность нормирования коэффициента надежности первичной защиты γ_{zk} и вторичной защиты γ_{zn} от коррозии для расчета строительных металлоконструкций на коррозионную стойкость и долговечность на стадии проектирования.

Коэффициенты надежности противокоррозионной защиты (γ_{zk} , γ_{zn}) устанавливаются возможные отклонения прочностных, деформационных, эксплуатационных характеристик конструктивных элементов, определенные для типовой модели эксплуатации объекта и заданного срока службы (T_{ny} , год). Требования к показателям долговечности первичной и вторичной защиты стальных конструкций допускается устанавливать в зависимости от срока эксплуатации T_{ny} .

Оценка уровня коррозионной опасности. Обоснование эффективности проектных решений защиты от коррозии производится по разработанной методике с учетом коэффициента готовности стальных конструкций (K_g).

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:

S1 – категория ответственности, не допускающая появление очагов коррозионных поражений для первичной защиты и признаков нарушения декоративных и защитных свойств вторичной защиты.

S2 – категория ответственности, не допускающая появление очагов коррозионных поражений для первичной защиты и характеризующаяся снижением декоративных и защитных свойств вторичной защиты.

S3 – категория ответственности, допускающая появление очагов коррозионных поражений для первичной защиты в результате повреждения вторичной защиты.

S4 – категория ответственности, допускающая снижение показателей эффективности первичной защиты.

Подтверждение соответствия класса материала средств первичной и вторичной защиты категориям ответственности стальных конструкций и их защитных покрытий производится в соответствии с требованиями табл. 1.

Таблиця 1

Класс материала средств первичной и вторичной защиты	Категория ответственности конструкций и их защитных покрытий	Коэффициенты надежности	
		Первичной защиты, γ_{zk}	Вторичной защиты, γ_{zn}
I	C3, C4	0,95	0,8
II	C3	0,99	0,9
III	C2	-	0,95
IV	C1	-	0,99

Задача определения коэффициента готовности при воздействиях агрессивных сред (A_n , г/м²год) сформулирована как расчет стальных конструкций по предельным состояниям на коррозионную стойкость и долговечность по результатам ускоренных коррозионных испытаний защитных покрытий.

Коэффициент готовности стальных конструкций (K_g) является комплексным показателем ремонтпригодности, характеризующим параметры конструктивных и технологических мер первичной и вторичной защиты:

$$K_g = \frac{T_{k\gamma} + T_{z\gamma}}{T_{k\gamma} + nT_{z\gamma}}; \quad (1)$$

где $T_{k\gamma}$ – срок службы (год) стальных конструкций по показателю коррозионной стойкости (первичная защита);

$T_{z\gamma}$ – расчетный срок службы (год) защитных покрытий с доверительной вероятностью $\gamma=0,95$ по результатам ускоренных испытаний; n – количество ремонтных циклов возобновления противокоррозионной защиты при установленном сроке службы объекта.

По экспериментальным данным ускоренных коррозионных испытаний выполняется оценка коэффициентов надежности первичной защиты (γ_{zk}), вторичной защиты от коррозии (γ_{zn}) и устанавливается контрольный норматив отказа системы защитного покрытия. Аналитическая оценка временных характеристик табличной модели для заданного срока службы конструкций ($T_{n\gamma}$), сроков службы первичной ($T_{k\gamma}$) и вторичной защиты ($T_{z\gamma}$) выполняется с учетом расчетного сопротивления коррозионному воздействию конструктивного элемента (A_k , г/м² год) и критических значений коррозионных потерь (Ω_{St} , г/м²) [2].

Результаты контроля показателей качества используются для формирования спецификации материалов элементов конструкций по коррозионной стойкости, долговечности и ремонтпригодности.

Классификационные признаки уровней коррозионной опасности объектов КІ – КV представлены в табл. 2.

Таблица 2

Классификационные признаки уровня коррозионной опасности конструкций, зданий и сооружений¹⁾

Степень агрессивности воздействий, K , мм/год	Интервальные оценки коэффициента готовности противокоррозионной защиты, K_g				
	$0 < K_g \leq 0,1$	$0,1 < K_g \leq 0,3$	$0,3 < K_g \leq 0,5$	$0,5 < K_g \leq 0,7$	$0,7 < K_g \leq 1,0$
Слабоагрессивная, $0,01 < K \leq 0,05$	КІ	*	*	*	*
Низкоагрессивная, $0,05 < K \leq 0,15$	КІІ	КІ	*	*	*
Среднеагрессивная, $0,15 < K \leq 0,30$	КІІІ	КІІ	КІ	*	*
Высокоагрессивная, $0,30 < K \leq 0,50$	КІV	КІІІ	КІІ	КІ	*
Сильноагрессивная, $K > 0,50$	КV	КІV	КІІІ	КІІ	КІ

Примечание. Знак * обозначает, что для установленных интервальных значений признаков (K , K_g) уровень коррозионной опасности не нормируется.

Выводы. Разработанный методический подход обеспечивает задание требований к качеству противокоррозионной защиты и надежности стальных конструкций с учетом классификации уровней КІ–КV коррозионной опасности строительных объектов.

Использование критерия коррозионной опасности позволяет производить выбор мер первичной и вторичной защиты на стадии проектирования с учетом требований технологической рациональности противокоррозионной защиты при изготовлении и техническом обслуживании в процессе эксплуатации.

Таким образом, создаются условия для технического регулирования и подтверждения соответствия показателей коррозионной стойкости, долговечности, ремонтпригодности конструкций и их защитных покрытий на основе критических функций безопасности на всех стадиях жизненного цикла строительных объектов.

Литература.

- [1] Gorokhov E. V. Durability of Steel Structures under Reconstruction / E. V. Gorokhov, V. P. Korolyov. – Rotterdam, Brookfield : Balkema, 1999. – 306 p. – ISBN 90 5410 731 6.
- [2] Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений / [Шимановский А. В., Гордеев В. Н., Королёв В. П., Оглобля А. И. и др.]. – К. : Изд-во “Сталь”, 2008. – 463 с.