

УДК 624.014:620.193

Требования к первичной и вторичной защите от коррозии большепролетных конструкций спортивных сооружений

¹Королёв В.П., д.т.н., ²Рыженков А.А.

¹Донбасский центр технологической безопасности ОАО
«УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского», Украина
²ОАО«Конструкция», Украина

Анотація. Наведені результати досліджень способів первинного і вторинного захисту сталевих великопрогонових конструкцій спортивних об'єктів з різним рівнем корозійної небезпеки. На підставі методики граничних станів обґрунтовані розрахункові характеристики корозійного стану для формування специфікації показників корозійної стійкості, довговічності та ремонтпридатності при виготовленні сталевих конструкцій. Розроблена методика підтвердження відповідності терміну служби сталевих конструкцій заданим показникам надійності проти-корозійного захисту.

Аннотация. Представлены результаты исследований способов первичной и вторичной защиты стальных большепролетных конструкций спортивных объектов с различным уровнем коррозионной опасности. На основе методики предельных состояний обоснованы расчетные характеристики коррозионного состояния для формирования спецификации показателей коррозионной стойкости, долговечности и ремонтпригодности при изготовлении стальных конструкций. Разработана методика подтверждения соответствия срока службы стальных конструкций заданным показателям надежности противокоррозионной защиты.

Abstract. The paper presents the results of researches of means and methods of primary and secondary protection of long-span steel structures of sport facilities exposed to corrosion risk of various levels. The estimated characteristics of corrosion condition are justified based on the limiting state method for making up specification of corrosion resistance, durability and maintainability indices in the course of steel structure manufacture. Procedure for corroborating the conformity of steel structure service life to the specified parameters of corrosion protection reliability indices is developed.

Ключевые слова: стальные большепролётные конструкции, первичная и вторичная защита от коррозии, долговечность, ремонтпригодность, технологическая безопасность, уровень коррозионной опасности.

Введение. Постановка проблемы. Расширение функциональных возможностей применения металла в строительстве, повышение архитектурной выразительности зданий и сооружений определяют необходимость совершенствования требований к средствам и методам противокоррозионной защиты конструкций. Нормативные требования к показателям качества и долговечности строительных металлоконструкций в коррозионных средах включают применение действующих стандартов Единой системы защиты от коррозии, старения и биоповреждений (ЕСЗКС). В состав

ЕСЗКС входят стандарты технических требований, правил приемки и методов контроля, регламенты типовых технологических процессов. Анализ требований технических регламентов строительных конструкций, зданий и сооружений подтверждает важность контроля декоративных и защитных свойств покрытий для улучшения потребительских качеств металлопродукции.

Цель работы. Совершенствование регламентных требований обеспечения качества противокоррозионной защиты большепролетных конструкций спортивных сооружений на основе установленных уровней коррозионной опасности строительных объектов.

Обеспечение качества металлоконструкций при возведении и реконструкции спортивных сооружений для проведения финальной части чемпионата Европы по футболу Евро-2012 связано с использованием проектных спецификаций защиты от коррозии, установленных стандартом EN ISO129446:1998. Вместе с этим, требования проектной спецификации по защите от коррозии должны быть согласованы с положениями действующих нормативных документов, определяющих состав и интенсивность воздействий агрессивных сред. Степень коррозионной агрессивности режима эксплуатации устанавливается для конкретных объектов в зависимости от макроклиматического района, категории размещения конструкций согласно ГОСТ 15150, характера технологических выделений и материала конструктивных элементов зданий и сооружений.

В качестве примера можно привести условия эксплуатации металлического навеса над трибунами стадиона «Металлург» в г. Днепропетровске (промышленная атмосфера), характеризующиеся присутствием агрессивных газов группы В (приложение 1 СНиП 2.03.11-85). Продолжительность общего увлажнения поверхности конструкций согласно ГОСТ 9.039 составляет около 3250 час/год. Степень агрессивности воздействий для открытой атмосферы и под навесами устанавливается признаками среднеагрессивных воздействий в зависимости от продолжительности общего увлажнения (от 2000 до 4000 час/год) и группы газов «В» по табл. 1.

Для выбора защитных покрытий конструкций с применением оцинкованного профилированного листа необходимо руководствоваться требованиями табл. 29 СНиП 2.03.11-85. Конструкции, эксплуатирующиеся на открытом воздухе и под навесами из оцинкованной стали, согласно ГОСТ 14818-80 должны иметь защитные покрытия, соответствующие маркировке не ниже Па, Ша-3 (80)^{5,7} для условий среднеагрессивной среды. Долговечность защитных систем лакокрасочных покрытий при указанных воздействиях должна соответствовать высокому уровню по стандарту EN ISO129446:1998 со сроком службы не менее 15 лет.

Необходимость дополнительного рассмотрения требований конструктивной приспособленности и технологической рациональности мер противокоррозионной защиты связано, как правило, с возможностью локализации протекания коррозионных процессов, что характерно для опорных узлов и соединений элементов конструкций (рис. 1).

В качестве методологической основы для обоснования выбора средств и методов противокоррозионной защиты для заданного проектного срока эксплуатации стальных конструкций рассмотрены результаты исследований в рамках целевой комплексной программы НАН Украины «Проблемы ресурса и безопасности эксплуатации конструкций, сооружений и машин» под научным руководством академика Б.Е. Патона [1]. Анализ результатов диагностики коррозионного состояния большепролетных конструкций спортивных сооружений дает основание заключить, что увеличение затрат на ремонты и восстановление противокоррозионной защиты для обеспечения технологической безопасности конструкций зданий и сооружений связано с низкой эффективностью средств первичной и вторичной защиты при проектировании и изготовлении конструкций [2, 3].

Таблица 1

Требования к условиям оценки коррозионной агрессивности воздействий

Группа газов по табл.3	Степень агрессивности при категориях размещения (цифра) в макроклиматических районах (в скобках) согласно ГОСТ 15150-69			
	1 (У, ХЛ, ТС, М) при продолжительности увлажнения поверхности фазовой пленкой влаги ч/год			1 (ТВ, ТМ)
	До 1500	Св. 1500 до 3000	Св. 3000	
АА	Слабая- 2	Слабая –2	Средняя	Средняя
ВВ	То же	Средняя	То же	Сильная - 1
СС	Средняя	То же	Сильная - 1	Сильная - 2
DD	Сильная - 1	Сильная - 1	Сильная - 2	Тоже
Группа газов по табл.3	Степень агрессивности при категориях размещения (цифра) в макроклиматических районах (в скобках) согласно ГОСТ 15150-69			
	2,3 (У, ХЛ, ТС, М) при продолжительности увлажнения поверхности фазовой пленкой влаги ч/год			2,3 (ТВ, ТМ)
	До 2000	Св. 2000 до 4000	Св. 4000	
АА	Слабая - 1	Слабая - 2	Средняя	Средняя
ВВ	Слабая - 2	Средняя	То же	Сильная - 1
СС	Средняя	То же	Сильная - 1	Тоже
DD	Тоже	Сильная - 1	Сильная - 2	Сильная - 2

Окончание таблицы 1

Группа газов по табл.3	Степень агрессивности при категориях размещения (цифра) в макроклиматических районах (в скобках) согласно ГОСТ 15150-69		
	4 при относительной влажности в %		4 при относительной влажности воздуха св.75 %, 5
	До 60	Св. 60 до 75	
AA	Слабая - 1	Слабая - 1	Средняя
BB	То же	Слабая - 2	То же
CC	Слабая - 2	Средняя	Сильная - 1
DD	Средняя	То же	Сильная - 2



Рис. 1. Конструктивные особенности соединений, вызывающие местную (щелевую, контактную) коррозию

Использование процессного подхода, основанного на принципах менеджмента качества ISO 9001:2000, позволяет выполнять разработку стальных конструкций, отвечающих требованиям первичной и вторичной защиты с гарантированной долговечностью на стадии изготовления в условиях заводов металлоконструкций.

Подтверждение соответствия эксплуатационных показателей качества противокоррозионной защиты установленным параметрам конструкторской и технологической документации производится на основе регламента научно-технического сопровождения показателей технологической безопасности.

Методический подход к оценке и обеспечению средств и методов защиты от коррозии стальных конструкций по требованиям технологической безопасности (рис. 2) включает определение критериев первичной и вторичной защиты, производится при согласовании с заказчиком типовой модели эксплуатации. Основные этапы конструкторской подготовки производства связаны с анализом возможностей первичной защиты на стадии КМ и требований по коррозионной стойкости в рабочих чертежах КМД. При выборе средств вторичной защиты учитываются показатели технологической рациональности, связанные с условиями изготовления, монтажа и эксплуатации.

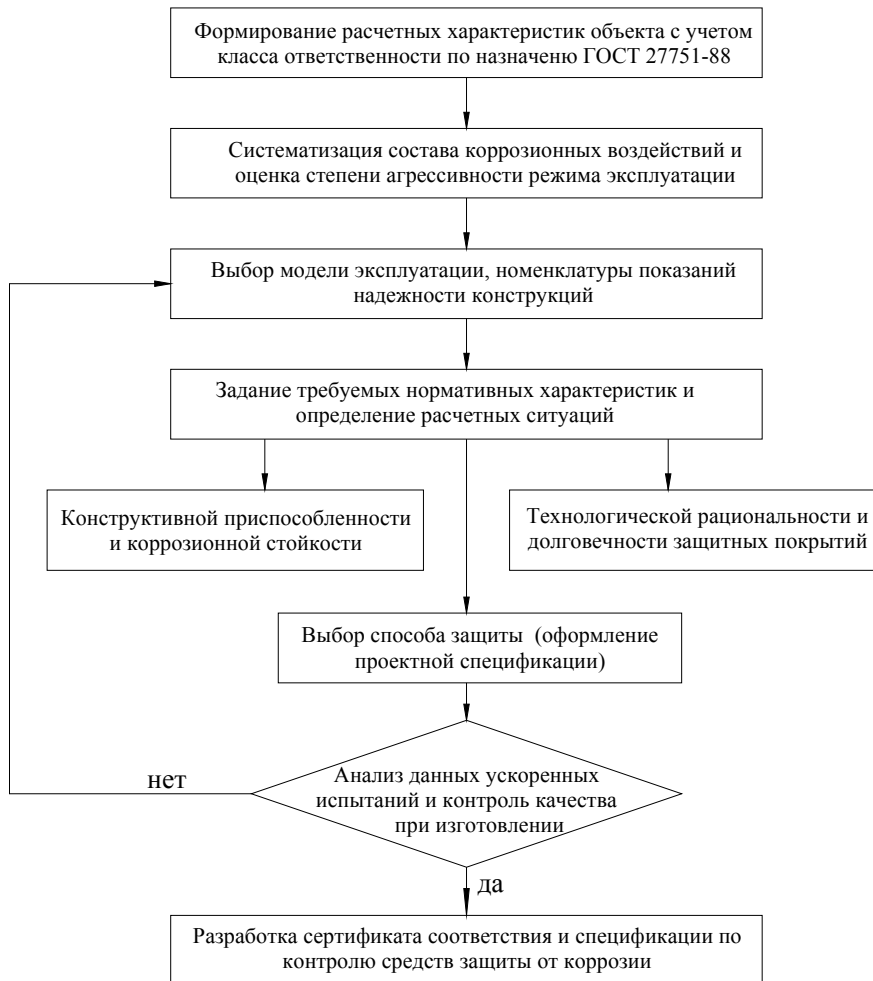


Рис. 2. Последовательность конструкторской и технологической отработки мер первичной и вторичной защиты при изготовлении конструкций

Выбор систем защитных покрытий включает анализ показателей технологической рациональности противокоррозионной защиты B_{oz} по данным экспертной оценки конструкторской и технологической подготовки производства:

$$B_{oz} = \sum_{i=1}^{i=N} B_i = \sum_{i=1}^{i=N} \sum_{j=1}^{j=P} m_i b_{ij} \left(\sum_{c=1}^{c=Q} q_{ij} / 100 \cdot Q \right), \quad (1)$$

где B_i – комплексные показатели проектных требований по долговечности, технологичности, сохраняемости, ремонтпригодности; m_i – коэффициент значимости комплексного показателя; q_{ij} – весовая характеристика j -го признака i -го комплексного показателя; Q – количество экспертов в группе при аудите.

Результатом экспертной оценки показателя технологической рациональности по вариантам выполнения вторичной защиты является определение требуемого значения коэффициента надежности γ_{zn} с помощью формулы (2), либо с использованием графической зависимости на рис.3

$$\gamma_{zn} = \frac{1}{1 + b \exp(-c B_{oz})}, \quad (2)$$

где $b = 300$; $c = 2,2$ – безразмерные коэффициенты.

Сформулирована задача аналитического определения временных характеристик табличной модели заданного срока службы конструкций и их защитных покрытий (T_{ny}) для установленных показателей расчетного сопротивления коррозионному воздействию конструктивного элемента (A_k , г/м²·год), коэффициентов надежности первичной защиты γ_{zk} и вторичной защиты от коррозии γ_{zn} .

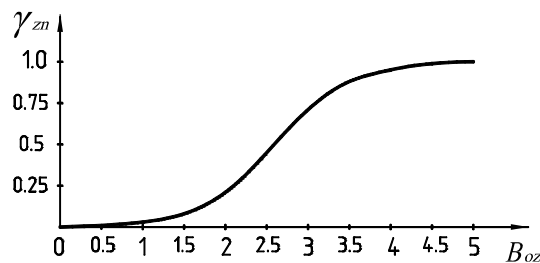


Рис. 3. Графическая зависимость коэффициента надежности вторичной защиты γ_{zn} от обобщенного показателя технологической рациональности B_{oz}

Обоснование эффективности защиты строительных конструкций и сооружений от коррозии с учетом положений действующих норм СНиП 2.03.11-85*, СНиП 3.04.03-86 предлагается производить согласно

разработанной методике с учетом коэффициента готовности стальных конструкций (K_g). 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

$$K_g = \frac{T_{k\gamma} + T_{z\gamma}}{T_{k\gamma} + nT_{z\gamma}}, \quad (3)$$

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.

Установленный методический подход обеспечивает возможность задания требований по оценке и обеспечению надежности противокоррозионной защиты стальных конструкций с учетом классификации уровней КІ – КV коррозионной опасности объектов (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

¹⁾Примечание. Знак (*) обозначает, что для установленных интервальных значений признаков (K , K_g) уровень коррозионной опасности не нормируется

В соответствии с письмом ОАО «УкрНИИпроектстальконструкция им. В.Н. Шимановского» № 1227/02/2 от 23.05.2007 г. представитель ДонЦТБ 25.05.2007 г. произвел осмотр состояния шкворневых соединений конструкций покрытия и ознакомился с технической документацией.

Анализ материалов технических решений соединений большепролетных конструкций стадиона «Металлург» (см. рис. 4) позволил предложить меры дополнительной противокоррозионной защиты пальцев шкворневых соединений для повышения коэффициента готовности:

- произвести окрасочные работы на участках монтажных соединений в соответствии с проектными решениями и технологией противокоррозионной защиты в условиях строительной площадки.
- предусмотреть дополнительное инъектирование противокоррозионной композиции в конструктивные зазоры шкворневых соединений путем нагнетания под давлением защитного материала через штуцера барабанов, закрепленных струбциной на конструкции в соответствии со схемой на рис. 4.

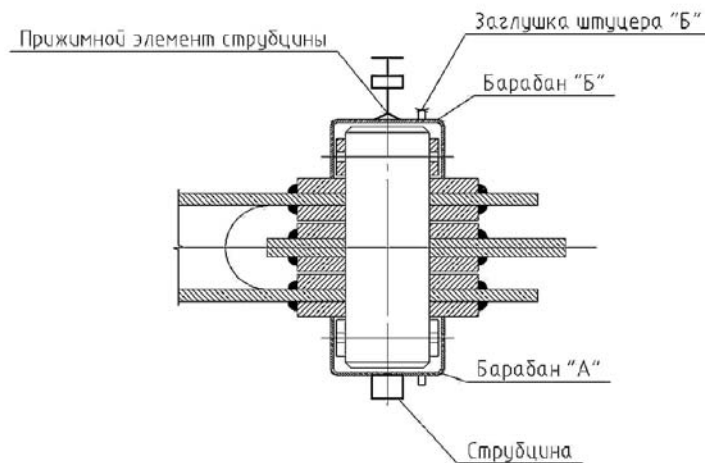


Рис. 1. Схема технологической оснастки для инъектирования защитной композиции в шкворневое соединение.

Подача противокоррозионной композиции производится через штуцер «А» при установленной заглушке на штуцере «Б». После заполнения зазоров между пальцем и опорными элементами конструкций с одной стороны, производится снятие заглушки со штуцера «Б» и установка запорной заглушки на штуцере «А». В таком положении производится повторное заполнение под давлением конструктивных зазоров шкворне-

вых соединений. Степень заполнения контролируется при появлении избыточного материала на поверхности стыков соединений.

Избыточное количество противокоррозионной композиции удаляется с поверхности конструктивных элементов с использованием растворителя и ветоши для достижения установленных после монтажной окраски декоративных показателей внешнего вида.

Выводы

Использование критерия коррозионной опасности обеспечивает возможность задания требований к выбору мер первичной и вторичной защиты, а также устанавливает контрольные нормативы для обоснования системы технического обслуживания и научно-технического сопровождения объектов в зависимости от степени агрессивности воздействий и коэффициента готовности противокоррозионной защиты.

Литература

- [1] Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин: Цільова комплексна програма НАН України. / Зб. наук статей. Науковий керівник акад. Б.Є.Патон. – К.: Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАН України. – 589 с.
- [2] Покрытие большой спортивной арены стадиона «Лужники», г. Москва. / Под ред. Клепикова Л.В. – М.: Фортэ, 1998. – 144 с.
- [3] Горохов Е.В., Королёв В.П. Диагностика коррозионного состояния и обеспечение надежности большепролетных сооружений. // Монтажные и специальные работы в строительстве, 2000. – № 6. – С.10 – 14.

Надійшла до редколегії 09.07.2009 р.