

УДК 624.014:620.193

## **Методология научно-технического сопровождения показателей качества противокоррозионной защиты на основе требований стандарта предприятия и информационной системы диагностики коррозионного состояния конструкций**

**Гибаленко А.Н., к.т.н.**

Донбасский центр технологической безопасности  
ОАО «УкрНИИПроектстальконструкция им. В.Н.Шимановского», Украина

**Анотація.** Викладено основні положення методики науково-технічного супроводу забезпечення показників якості протикорозійного захисту будівельних металоконструкцій, обумовлених стандартом підприємства, в прив'язці до інформаційної системи діагностики корозійного стану при технічному діагностуванні.

**Аннотация.** Изложены основные положения методики научно-технического сопровождения обеспечения показателей качества противокоррозионной защиты строительных металлоконструкций, оговоренных стандартом предприятия, в привязке к информационной системе диагностики коррозионного состояния при техническом диагностировании.

**Abstract.** The method of scientific and technical support to ensure quality of corrosion protection of metal constructions specified standard enterprise in relation to the information system diagnostics corrosion state in technical diagnosis.

**Ключевые слова:** диагностика металлоконструкций, коррозионный износ, стандарт предприятия, показатели качества.

Важнейшим требованием, предъявляемым к строительным металлоконструкциям, является обеспечение их долговечности при гарантированных показателях безопасности и эксплуатационной пригодности в условиях коррозионных воздействий [1].

Использование современных методов диагностики для оценки показателей долговечности противокоррозионной защиты и определения остаточного ресурса обуславливается сложностью режима эксплуатации, снижением запаса прочности и достижением предельных состояний даже при незначительных показателях коррозионного разрушения конструктивной формы, что требует учета особенностей действительной работы конструкций в условиях агрессивных сред.

Согласно методике [2] оценка технического состояния стальных конструкций (техническое диагностирование) выполняется с учетом характера и интенсивности коррозионного разрушения. Расчет строительных металло-

конструкцій на коррозійну стійкість і довговечність ґрунтується на урахунок коррозійного руйнування при роздільному розгляді навантажень, несучої спроможності, причинно-слідственных зв'язей зовнішніх і внутрішніх факторів і впливів агресивної середовища експлуатації. Склад і інтенсивність агресивних впливів встановлюється по даним будівельної кліматології, нормативним параметрам коррозійної агресивності атмосфери, результатам статистичної оцінки експлуатаційних впливів робочих серед.

Вимоги стандарту підприємства СТД 101С-6.3-05-2007 оговаривають організаційне, інструктивне і методичне забезпечення діяльності служб експлуатації для забезпечення технологічної безпеки конструкцій будівель і споруджень в відповідності з положеннями стандарту ІСО 9001/МЭК 300-1. Менеджмент безпеки [3] зв'язаний з оцінкою надійності, технологічної безпеки виробничих об'єктів; моделюванням стратегії обслуговування з метою запобігання аварійних ситуацій; моніторингом технічного стану конструкцій для забезпечення встановлених показувальників.

На основі системи частних коефіцієнтів використана розрахункова залежність для визначення показувальника якості  $F_e$  (1), урахунок даних контролю коррозійного стану і визначає необхідність введення функціонально-технологічних обмежень або впровадження заходів первинної (вторинної) захисту при продовженні ресурсу.

$$F_e = \left( \frac{\Gamma}{\gamma_{zf}} - \frac{\Gamma/\gamma_{zk} + 1/\Gamma}{2} \right)^2 \quad (1)$$

На стадії експлуатації по даним діагностування коррозійного стану визначається коефіцієнт надійності протикоррозійної захисту  $\gamma_{zf}$ , урахунок якості експлуатації, статистичну природу, характер і величину коррозійного руйнування поверхні металу при контакті з агресивною середовищем. Виконується системний аналіз режиму експлуатації, виявлення відмов і досягнення граничних станів, розробка математичних моделей показувальників надійності на основі методів функціонально-ціннісного аналізу (рис. 1).

Для забезпечення робочого стану здійснюється визначення відповідності і розробка (при необхідності) заходів по технічному контролю і відновленню експлуатаційних показувальників конструкцій.

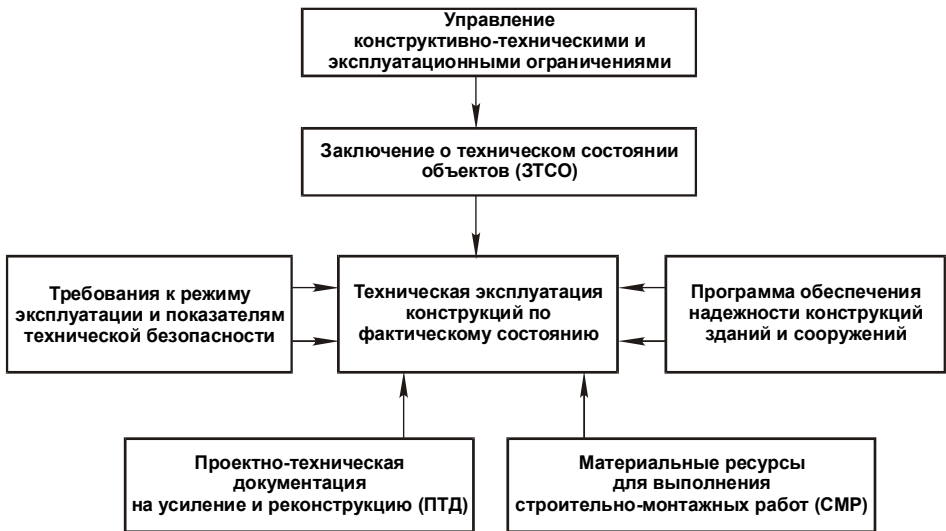


Рис. 1. Конструкторско-технологические мероприятия обслуживания при эксплуатации конструкций.

Использование коэффициента обратной связи режима эксплуатации ( $\psi$ ) обеспечивает внедрение мероприятий по управлению технологической безопасностью, формирование программ обеспечения надежности (ПОН) на основе анализа возможных причин, последствий отказов (FMEA) и оценки критичности отказов (FMESA). Критерием технологической безопасности конструкций является характеристика ( $\eta$ ), определяющая пропускную способность регулирования ресурса:

$$\eta = 1/(\Gamma - \psi). \quad (2)$$

При увеличении числа повреждений значение ( $\psi$ ) характеризует снижение эксплуатационных показателей стальных конструкций при установленном проектном значении отношения резерва надежности ( $\Gamma$ ). Воздействия негативных внешних факторов  $A(L, G, S, T, R)$  и внутренних параметров  $A(f)$  вызывают коррозионное разрушение и появление признаков предельных состояний конструкций. Моделирование напряженно-деформированного состояния стальных конструкций для оценки показателей ресурса ( $\psi, \eta$ ) выполняется с использованием интегрированного расчетного комплекса Structure CAD 7.29.

Информация о дефектах, повреждениях регистрируется, накапливается, анализируется для координации технического надзора по предупреждению аварийных ситуаций на объектах, близких к исчерпанию нормативных сроков эксплуатации.

В процесі експертного діагностування корозійного стану конструкцій збудованого мартеновського цеха ОАО «ДМЗ» виявлено значительне вплив технологічних і конструктивних факторів на характер і інтенсивність корозійного руйнування (табл. 1).

Таблиця 1

## Расчетные характеристики качества эксплуатации конструкций

№ п/п	Наименование конструкции	Дефекты и повреждения	Степень критичности дефектов и повреждений конструкций ( $\Theta_f$ )
1	Несущие конструкции стропильных ферм и фонарные конструкции		0,56
2	Колонны		0,23
3	Подкрановые балки		0,67

**Примечание:** 1 – коррозийно-механические повреждения; 2 – механические повреждения; 3 – дефекты и повреждения соединений; 4 – дефекты и повреждения, вызванные взаимным смещением элементов; 5 – несоответствие проектным решениям; 6 – прочие дефекты. За 100% принято общее количество дефектов и повреждений рассматриваемых конструкций.

Результаты экспертного диагностирования характеристик коррозийно-механических повреждений являются основой для расчета напряженно-деформированного состояния и определения срока службы конструктивных элементов с учетом воздействия технологических сред. Расчетные данные оценки остаточного ресурса стальных конструкций на примере мартеновского цеха приведены в табл. 2.

Структура показателей коррозийного состояния стальных конструкций позволяет выполнять расчетную оценку технологической безопасности при продлении ресурса стальных конструкций в соответствии с требованиями [4]. Степень критичности дефектов и повреждений конструкций ( $\Theta_f$ ) определяется с помощью зависимости (3):

$$\Theta_f = \sum \omega_i v_i \quad (3)$$

где  $\omega_i$  – весовая характеристика выявленных несовершенств конструкции;  $v_i$  – относительная частота появления дефекта или повреждения (1/год).

Таблиця 2.

**Спецификация параметров остаточного ресурса для однородных  
конструктивных элементов**

№ п/п	Наименование элементов	Показатель качества эксплуатации, $F_e$	Степень агрессивности воздействий, $A_n$ , г/(м <sup>2</sup> год)	Остаточный ресурс конструкции $T_{гг}$ , лет
1	Стропильные фермы и конструкции фонаря	1,24 – 1,35	Неагрессивные, 250 – 400	6,5 – 7,0
		1,16 – 1,30	Слабоагрессивные, 500 – 750	6,5 – 7, 5
		0,91 – 1,01	Низкоагрессивные, 750 – 1200	5,0 – 6,0
2	Колонны	1,14 – 1,32		8,0 – 9,0
3	Подкрановые балки	2,07 – 2,27		11,0-12,0

На основании оценки показателей качества эксплуатации, регистрации дефектов и повреждений назначаются мероприятия по контролю с учетом категории выявленных дефектов и повреждений (табл. 3).

Таблиця 3

**Контроль технического состояния и восстановления эксплуатационных свойств конструкций**

Группа ремонтно-пригодности	Показатель ремонтно-пригодности, $T_b$ , год	Режим контроля	Характеристика вида дефектов и повреждений
I	$0 < T_b \leq 0,02$	Непрерывный	Наличие хотя бы одного критического дефекта или повреждения (категория «А»). Допускаются (или могут отсутствовать) несовершенства категорий «Б», «В».
II	$0,02 < T_b \leq 0,08$	Усиленный	Несовершенства категории «А» отсутствуют. Имеются один или несколько значительных дефектов или повреждений (категория «Б»). Допускаются несовершенства категории «В».
III	$0,08 < T_b \leq 0,5$	Нормальный	Несовершенства категории «А», «Б» отсутствуют. Имеются малозначительные дефекты или повреждения (категория «В»)
IV	$T_b > 0,5$	Ослабленный	Дефекты и повреждения категорий «А», «Б», «В» отсутствуют.

Техническое обслуживание конструкций по фактическому состоянию (в отличие от системы планово-предупредительных ремонтов) определяет изменение функций деятельности служб эксплуатации, взаимодействие со специализированными организациями и обуславливает необходимость

розробки ПОН, направлених на забезпечення заданих вимог надійності споруджень.

В залежності від складу вихідних даних і поставлених завдань розглядаються два основні підходи до аналізу надійності об'єктів:

- аналіз показателів довговічності і ремонтпригодності за результатами показателів встановлених на етапах проектування, виготовлення, монтажу і експлуатації (згідно ПОН);
- кількісна оцінка показателів надійності об'єкта на основі діагностики режиму експлуатації, виявлення причин відмов і пошкоджень конструктивних елементів.

Умова технологічної безпеки за даними реєстраційної оцінки рівня ризику при продовженні залишкового ресурсу конструкцій (з урахуванням негативних впливів) описується в вигляді залежностей:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^N U_i \geq \sum_{i=1}^N (S_{d,i} + S_{c,i}), \\ \sum_{i=1}^N U_i = \sum_{j=1}^M f(T_{в,j}) \Rightarrow \min; \end{cases} \quad (4)$$

де:  $U_i$  – витрати на підтримку  $i$  – того конструктивного елемента вибірки ( $N$ ) в робочому стані, що забезпечують вимоги технологічних процесів будівель і споруджень, грн/рік;  $S_{d,i}$  – втрати, викликані фізичним зносом, грн/рік;  $S_{c,i}$  – втрати в результаті морального старіння, грн/рік;  $T_{в,j}$  – показник ремонтпригодності, що визначає проміжок часу (рік), для відновлення робочого стану при мінімальних витратах  $j$  – того конструктивного елемента вибірки ( $M$ ), ступінь критичності дефектів і пошкоджень якого вище граничного рівня пошкоджуваності. Значення ( $T_{в}$ , рік) визначається:

$$T_{в} = T_0 + T_y, \quad (5)$$

де:  $T_0$  – тривалість контролю при виявленні дефектів і пошкоджень, рік;  $T_y$  – тривалість технічного обслуговування і ремонту, рік.

Застосовуваний методичний підхід дозволяє використовувати реєстраційну інформацію про дефекти і пошкодження для статистичного аналізу пошкоджуваності конструкцій будівель і споруджень за об'єктовим ознакою. Як додаткові характеристики технологічної безпеки, здатні надавати коректуюче вплив на

программу обеспечения надежности (ПОН) при усилении и реконструкции объектов повышенной опасности рассматриваются:

- предельные уровни дефектности и повреждаемости по конструктивным элементам для установленных категорий несовершенств;
- планы контроля в зависимости от объема контролируемых элементов при заданных рисках ремонтного обслуживания по фактическому состоянию конструкций;
- показатели ремонтпригодности, регулирующие объем работ по технической диагностике и восстановлению работоспособного состояния конструкций зданий и сооружений.

Результаты мониторинга технического состояния, преимущества регистрации, накопления и анализа данных о дефектах и повреждениях конструкций в процессе эксплуатации создают условия для обоснованного принятия решений при регулировании безопасности объектов, для объектов близких к исчерпанию нормативных сроков эксплуатации.

### **Литература**

- [1] Пособие по контролю состояния строительных металлических конструкций зданий и сооружений в агрессивных средах, проведению обследований и проектированию восстановления защиты конструкций от коррозии (к СНиП 2.03.11-85). – М.: Стройиздат, 1989. – 48 с.
- [2] Королев В.П. Теоретические основы инженерных расчетов стальных конструкций на коррозионную стойкость и долговечность: Научные труды ДГАСА. Вып. 1-95. - Макеевка, 1995. – 110 с.
- [3] Hart G. Estimation of structural damage. – Los Angeles, Ca.: Wiggins Company, 1976.
- [4] СНиП II-23-81\* Стальные конструкции / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 96 с.