

УДК 624.076.2

## **Инженерно-техническое обеспечение диагностики коррозионного состояния при реконструкции производственных зданий**

**Гибаленко А.Н.**, к.т.н.

Приазовский государственный технический университет, Украина

**Анотація.** Діагностика технічного стану металоконструкцій, експлуатація яких відбувається в корозійно-агресивних середовищах промислових підприємств, обумовлює необхідність розвитку методичного підходу, який забезпечує комплексний облік параметрів дійсного стану споруд та факторів режиму експлуатації. Структурний опис процесу діагностики стану будівель за критерієм забезпечення заходів первинного та вторинного захисту від корозії дозволяє здійснити виконання програми реконструкції на основі технічного моніторингу.

**Аннотация.** Диагностика технического состояния металлоконструкций, эксплуатация которых происходит в коррозионно-агрессивных средах промышленных предприятий, обуславливает необходимость развития методического подхода, обеспечивающего комплексный учет параметров действительного состояния сооружений и факторов режима эксплуатации. Структурное описание процесса диагностики состояния зданий по критерию обеспечения мероприятий первичной и вторичной защиты от коррозии позволяет осуществить выполнение программы реконструкции на основе технического мониторинга.

**Abstract.** Technical state diagnostics of the steelwork being operated in corrosive environments of the industrial enterprises necessitates developing of a methodological approach providing comprehensive consideration of parameters of the structure actual state and the operating mode factors. Structural description of the process of diagnosing the condition of buildings on the criterion of ensuring activities for primary and secondary protection against corrosion allows carrying out the reconstruction program on the basis of technical monitoring.

**Ключевые слова:** металлоконструкции, коррозионный износ, первичная и вторичная защита от коррозии, диагностика, техническое состояние, реконструкция.

**Описание проблемы.** Решение задач, связанных с организацией системы оценки технического состояния зданий и сооружений, составляет основу технической диагностики, направленной на обеспечение выполнения работ ремонта и усиления металлоконструкций, исходя из требований обеспечения их прочности, жесткости и устойчивости [1]. Оценка эксплуатационной надежности зданий и сооружений в целом, а также отдельных конструктивов, узлов и элементов, исходя из требований использования общих принципов технической диагностики, осуществляется путем реализации программы мониторинга технического состояния. Важнейшим условием выполнения работ является организация системного обследования, оценка состояния первичной и вторичной защиты от коррозии; проведение ускоренных

коррозионных испытаний образцов противокоррозионных материалов, моделей и элементов конструкций; выполнение лабораторных и стендовых испытаний систем лакокрасочных покрытий; определение необходимых прочностных характеристик, параметров жесткости, устойчивости как отдельных конструкций, так и сооружений в целом [2].

**Постановка проблемы.** Для выполнения мониторинга технического состояния зданий и сооружений в процессе их возведения, реконструкции, ремонта и эксплуатации необходимо осуществить совокупность целенаправленных действий при выполнении технической диагностики с использованием неразрушающих методов контроля, основанных на новейших достижениях науки и техники. Вопросы диагностики технического состояния металлоконструкций зданий и сооружений требуют учета влияния различных эксплуатационно-производственных факторов для определения действительного состояния и прогнозирования срока службы [3, 4, 5].

**Проблемы, отраженные в исследовании.** Специфика выполнения программы работ по технической диагностике коррозионного состояния состоит в том, что строительные объекты в целом и их отдельные части рассматриваются в состоянии динамического равновесия, а основными признаками опасности возникновения аварийной ситуации являются появление деформации сооружения или его отдельных конструкций. При этом объект может характеризоваться множеством состояний, требующих детального описания и учета их взаимодействия.

**Цель публикации.** Основной задачей исследования является описание процедуры проверки, определения состояния, в котором объект находится в данное время. При этом рассмотрены способы реализации проверки – программный и аппаратный. Средствами реализации программного способа проверки выступают как рабочие экспертные процедуры, так и специально созданные тестовые приемы. Аппаратный способ заключается в использовании для диагностики встроенных, стационарных или внешних, мобильных технических средств. В практике диагностики технического состояния применяются оба способа совместно, так как результат воздействий по заданной программе не может быть заменен использованием приборного или аппаратного обеспечения.

Действительное состояние объекта представляется структурной схемой, которая описывает состояние в каждый момент времени  $t$  значениями входных –  $X_i$ , внутренних –  $Y_i$  и выходных –  $Z_i$  координат, при этом входные и внутренние – переменные, а выходные – функции. Графическое представление процесса диагностики при выполнении процедуры мониторинга коррозионного состояния представлено на рис. 1.

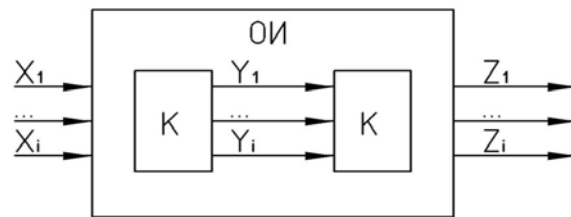


Рис. 1. Схема процесса диагностики коррозионного состояния объекта исследования

Условное деление объекта исследования (ОИ) на компоненты связано с рядом объективных условий и субъективных предпосылок. В качестве компонентов  $K$  выбираются конструкции, детали, узлы, которые составляют отдельные самостоятельные системы или элементы (покрытия, перекрытия, стеновое ограждение, каркас здания или инженерно-технологическое оборудование, оснащение т. п.). Объект контроля, как логическая система, может быть задан графически, аналитически, таблично, физической моделью или другой виртуальной формой, удобной для обработки методами компьютерно-инженерной технологии.

Независимо от формы компонента  $K$ , должны быть определены выходные наборы и внутренние входные состояния. Построение программы проверки требует анализа структуры объекта исследования как в исправном, так и в неисправном состояниях первичной и вторичной защиты от коррозии. Формализация процесса анализа обуславливает необходимость описания возможных дефектов, повреждений, несовершенств объекта, полученных в результате эксплуатации или на стадиях проектирования и изготовления, которые, в свою очередь, определяются неисправностями составляющих элементов.

Анализ структурной схемы при наличии неисправностей упрощается, если заранее известны функции, реализуемые компонентами с неисправностями. Для определения этих функций в исправный компонент преднамеренно вводится неисправность. Введение и определение входных функций неисправных компонентов происходит путем перечисления возможных неисправностей (дефекты и повреждения защитных покрытий, изменение геометрических характеристик в результате коррозионного износа, факторы агрессивности среды, значения коррозионной стойкости конструктивной формы и материала) или определения логических неисправностей компонента (деформация ограждающих конструкций из-за осадочных явлений – деформации несущих конструкций, увеличение технологической нагрузки и т. п.).

Условно, объект описывается состоянием из  $L$  компонентов. Если  $S_j$  – число возможных единичных неисправностей  $j$ -го компонента, то общее число  $M$  – возможных неисправностей объекта контроля будет:

— при единичных неисправностях (один неисправный компонент имеет одну неисправность);

$$M_1 = \sum_{j=1}^L S_j \quad (1)$$

— при единичных неисправностях компонентов и кратных неисправностях объекта (один или несколько неисправных компонентов имеют по одной неисправности):

$$M_2 = \prod_{i=1}^L (1 + S_j) - 1 \quad (2)$$

— при кратных неисправностях компонента и кратных неисправностях объекта (один неисправный компонент имеет одну неисправность);

$$M_3 = 2^{M_1} - 1 \quad (3)$$

Если известна реализуемая исправным объектом технологическая функция, определены возможные неисправности объекта и реализуемые при этом функции, а также способ проведения диагностики состояния первичной и вторичной защиты от коррозии, то составляется таблица функций неисправностей, при этом принимаются следующие условные обозначения (табл. 1).

Таблица 1

$R$	$E$				
	$f_0$		$f_i$		$f_M$
$t_1$	$r_{01}$		$r_{i1}$		$r_{M1}$
...	...		...		...
$t_i$	$r_{0i}$		$r_{ij}$		$r_{Mi}$
...	...		...		...
$t_{(T)}$	$r_{0(T)}$		$r_{1(T)}$		$r_{M(T)}$

где  $E$  – множество функций, реализуемых всеми исправными и неисправными объектами;  $f_0, f_i$  – функция, реализуемая исправным и неисправным объектом;  $f_M$  – функция, реализуемая объектом с  $M$  неисправностями;  $R$  – множество результатов отдельных исследований объектов;  $T$  – множество, на котором задана функция, реализуемая исправным объектом;  $t_{j(T)}$  – отдельные исследования (эксперименты) на объекте;  $r_{ij(R)}$  – результаты частных экспериментов.

При разбиении множества  $E$  на непересекающиеся и непустые подмножества можно выделить три характерные группы:

- число подмножеств равно двум, при этом одно из них содержит единственный элемент – исправный объект, а второе – все  $i$  – неисправные объекты; такое условие соответствует процедуре проверки работоспособного состояния объекта;
- число подмножеств на одно больше числа компонентов структуры объекта, при этом одно подмножество содержит исправный объект, а в любое из остальных входят только те  $i$  – неисправные объекты, которым соответствуют неисправности одного, сопоставленного данному множеству компонента;
- число подмножеств равно числу элементов множества  $E$ .

Такое структурное представление диагностики состояния мероприятий по первичной и вторичной защите металлоконструкций от коррозии соответствует условиям локализации с детализацией по каждой определенной неисправности. Следует отметить, что при диагностике, как правило, исходят из решения частных задач определения состояния отдельных конструкций и его приближения к предельному, без учета влияния тех или иных неисправностей и технического объекта в целом.

Анализ данных по результатам технического диагностирования состояния металлоконструкций крановой эстакады производственного участка доменного цеха (рис. 2) ПрАО «Донецксталь-МЗ» в условиях агрессивных воздействий позволил сделать вывод, что выявленные несовершенства первичной и вторичной защиты (рис. 3), интенсивное развитие коррозионных процессов (рис. 4.) обусловлены несоответствием технологических параметров нагруженности объекта условиям эксплуатации и системы технического обслуживания.

При экспертном диагностировании коррозионного состояния конструкций не всегда однозначно удается определить все факторы, оказывающие влияние на протекание технологических процессов, и оценить характер их влияния на качество эксплуатации объекта, что и вызывает необходимость создания единой методики аудита металлоконструкций.

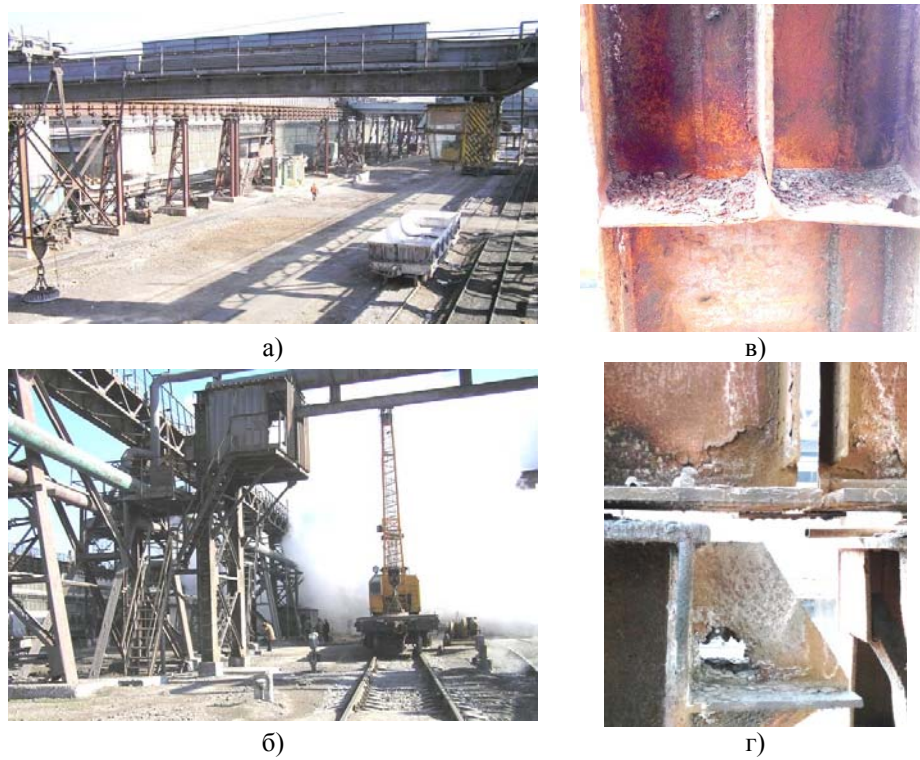


Рис. 2. Коррозионное состояние несущих конструкций крановой эстакады склада чугуна: а) общий вид сооружения; б) воздействие агрессивных факторов; в) уменьшение сечения элементов колонн; г) разрушение подкрановых конструкций

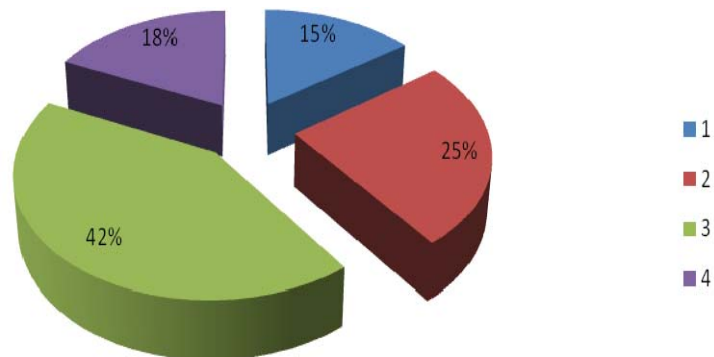


Рис. 3. Выявленные несовершенства конструкций по критерию первичной защиты: 1 – образование застойных зон и мест скопления влажностно-пылевых выделений, 2 – нерациональное узловое соединение элементов колонн, 3 – прямое воздействие агрессивных сред на элементы конструкций, 4 – низкая коррозионная стойкость элементов болтовых соединений

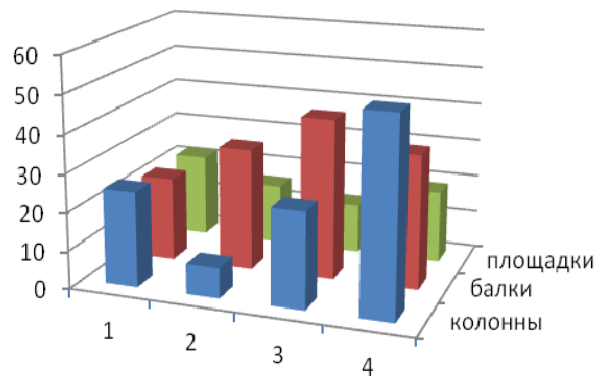


Рис.4. Количественные характеристики неисправностей (%):

1 – потеря сечения основных элементов конструкций, 2 – разрушение болтовых соединений и разрушение сварных швов; 3 – потеря устойчивости при изменении геометрических характеристик; 4 – разрушение лакокрасочного покрытия

## Выводы

Важнейшим условием реализации программы диагностики технического состояния зданий и сооружений, а также их отдельных конструктивных элементов является организация их системного обследования, лабораторного и натурного испытания материалов, определение прочностных характеристик, параметров жесткости и устойчивости как отдельных конструкций, так и сооружения в целом.

Разработанный подход определяет последовательность мероприятий продления остаточного ресурса с использованием вероятностно-физического метода анализа надежности, включающего количественную оценку показателей надежности на основе результатов экспертного диагностирования и результаты физико-химического и математического моделирования коррозионного разрушения при ускоренных и стендовых испытаниях. Определение остаточного ресурса и принятие решение о дальнейшей эксплуатации объекта осуществляется согласно установленным закономерностям изменения параметров, полученным при анализе механизмов развития повреждений и по результатам определения функциональных показателей.

### **Литература**

- [1] 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).
- [2] 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. – 43 с. – (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Державні будівельні норми України).
- [3] Перельмутер А. В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций / А. В. Перельмутер. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 256 с.
- [4] Перельмутер А. В. Износ и надежность стальных конструкций / А. В. Перельмутер // Автоматическая сварка. – 2000. – № 9–10. – С. 107–112.
- [5] Пичугин С. Ф. Развитие расчета надежности – важное направление совершенствования металлоконструкций / С. Ф. Пичугин // Труды Междунар. конф. «Теория и практика металлических конструкций» – Донецк-Макеевка : Изд-во «РИС» ДонНАСА, 1997. – Том 2. – С. 3.

*Надійшла до редколегії 14.06.2013 р.*