

УДК 624.01.046

Анализ рисков и предупреждение аварийных ситуаций по критериям технологической безопасности конструкций зданий и сооружений

¹Королёв В.П., д.т.н., ²Кущенко И.В.

¹ДонЦТБ ООО «Укринсталькон им.В.Н. Шимановского», ²Приазовский государственный технический университет, Украина

Аннотация. Разработана методика регистрационной оценки уровня риска и расчетно-экспериментального определения ремонтпригодности стальных конструкций.

Анотація. Розроблена методика реєстраційної оцінки рівня ризику та розрахунково-експериментального визначення ремонтпридатності сталевих конструкцій.

Abstract. The procedure of the risk level registration estimation and the design-experimental estimation of maintainability of steel structures was developed.

Ключевые слова: стальные конструкции, защитные покрытия, коррозионная стойкость, долговечность, ремонтпригодность, технологическая безопасность, оценка рисков.

Введение. Проблема обеспечения технологической безопасности на объектном уровне связана с регламентацией подходов по предупреждению аварийных ситуаций на основе методов программно-целевого управления надежностью конструкций зданий и сооружений. Безопасность здания или сооружения обеспечивается путем установления требуемых проектных значений, параметров и качественных характеристик конструктивных решений, реализация которых на этапе строительства и в процессе эксплуатации обеспечивает поддержание степени риска на требуемом уровне. Законом Украины «О техническом регулировании» предусматривается ограничение вмешательства государственных органов в предпринимательскую деятельность. Вместе с этим, учитывая международные стандарты обеспечения качества и безопасности, установлены требования по предупреждению аварийных ситуаций на объектах гражданского и промышленного строительства.

Надежная и безопасная работа строительных металлических конструкций зданий и сооружений может быть обеспечена только при правильном и своевременном проведении технического диагностирования с использованием современных методов, методик и средств

неразрушающего контроля на стадиях изготовления, монтажа и эксплуатации, при достоверном выявлении остаточного ресурса и др. Более того, с целью поддержания технологической безопасности конструкций зданий и сооружений имеет место тенденция перехода от периодического контроля к мониторингу основных показателей напряженно-деформированного состояния строительных объектов с использованием средств аварийной защиты.

Целью работы является использование методов мониторинга напряженно-деформированного состояния (НДС) стальных конструкций для анализа уровней рисков при установленных пределах безопасной эксплуатации.

Определение источников опасности. Стабильность и непрерывность производственных процессов при негативных воздействиях обеспечивается условиями технологической безопасности, которые могут быть представлены в виде:

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

где U_i – затраты на поддержание i -того конструктивного элемента выборки (N) в работоспособном состоянии, обеспечивающие требования технологических процессов зданий и сооружений, грн/год; $S_{d,i}$ – потери, вызванные физическим износом, грн/год; $S_{c,i}$ – потери в результате морального старения, грн/год; $T_{в,j}$ – показатель ремонтпригодности, определяющий промежуток времени (год), для восстановления работоспособности при минимальных затратах j -того конструктивного элемента выборки (M), степень критичности дефектов и повреждений которого выше предельного уровня повреждаемости.

Система диагностического мониторинга конструкций в процессе эксплуатации включает:

изучение параметров режима эксплуатации, уточнение фактических значений нагрузок и воздействий;

выявление дефектов и повреждений конструктивных элементов;

диагностику проблем снижения эксплуатационной несущей способности, установление показателей ремонтпригодности и оценку рисков по уровням технологической безопасности;

назначение режима контроля интервальных характеристик безопасности, соответствующих состоянию работоспособности и условиям технического обслуживания.

Разработанный методический подход [1] предусматривает основные этапы оценки уровня риска по технологической безопасности (R_b , балл) для конструкций зданий и сооружений:

выбор режима контроля параметров конструкций по результатам оценки повреждаемости и допустимым интервальным значениям ремонтпригодности;

количественную оценку показателя ремонтпригодности $T_{v,j}$ на основании расчета стальных конструкций на коррозионную стойкость и долговечность;

анализ уровня уязвимости стальных конструкций в зависимости от степени критичности (категории) дефектов и повреждений;

оценивание угроз (категории технического состояния) при эксплуатации по фактическому состоянию для установленных значений ремонтпригодности стальных конструкций;

восстановление эксплуатационных свойств, продление ресурса стальных конструкций и понижение уровня риска при реализации мер ПОН производственных зданий и сооружений.

На основании оценки показателей качества эксплуатации, регистрации дефектов и повреждений назначается режим непрерывного или выборочного контроля (табл. 1) с учетом категории выявленных несовершенств.

Основное влияние на напряженно-деформированное состояние конструкции оказывают статические нагрузки, которые в ряде случаев могут привести к ее разрушению, например, при наличии в конструкции критических дефектов или повреждений, а также при нарушении нормального режима эксплуатации. Кроме того, при периодическом изменении статических нагрузок могут образоваться локальные участки с повышенным уровнем напряжений, вызванным геометрическими несовершенствами формы и размеров элементов. Возникновению и развитию повреждений могут способствовать внешние случайные нагрузки, в частности, при изменении гидрогеологических условий, а

также физико-химические воздействия агрессивных сред, способствующие коррозионному разрушению.

Таблица 1

Режим контроля технического состояния и восстановления эксплуатационных свойств конструкций

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

Анализ рисков и определение пределов безопасной эксплуатации. Неопределенность и вероятностные характеристики объектно-субъектных взаимосвязей при техническом обслуживании и ремонтных работах по фактическому состоянию требуют создания организационной структуры, обеспечивающей условия принятия решений по восстановлению работоспособного состояния конструкций. Результаты расчетной оценки показателей ремонтнопригодности и послеремонтной несущей способности при продлении срока службы конструкций обрабатываются в соответствии с установленной иерархией построения информационных баз данных объектов (рис. 1). Систематизация признаков эксплуатационного состояния конструкций выполняется в зависимости от уровня уязвимости и угроз, групп ответственности по технологической безопасности зданий и сооружений (табл. 2, 3).

Количественный показатель уровня уязвимости изменяется по шкале от 1 до 8 баллов в зависимости от степени критичности повреждений.



Рис.2. Схема управления уровнем риска

Таблиця 2

Уровень уязвимости конструкций

Категория дефекта или повреждения	Группа ремонтпригодности		
	I	II	III
А	6–8	-	-
Б	-	3–5	-
В	-	-	1–2

Группа ремонтпригодности определяет вид контроля и сроки проведения работ по повышению работоспособности стальных конструкций.

Категория дефекта или повреждения определяется по табл. 13 ДБН 362-92.

Уровни уязвимости классифицируются на три вида:

низкий (Н) – от 1 до 2 баллов;

средний (С) – от 3 до 5 баллов;

высокий (В) – от 6 до 8 баллов.

Таблиця 3

Уровни рисков по технологической безопасности (R_i) в зависимости от групп ответственности, уровня угроз и уязвимости конструкций зданий и сооружений

Группы ответственно- сти по техно- логической безопасности	Уровень угрозы (категория технического состояния)											
	Низкий (I)			Низкий (II)			Средний (III)			Высокий (IV)		
	Оценка уязвимости конструкций											
	Н	С	В	Н	С	В	Н	С	В	Н	С	В
Объекты с функциями обслуживания непроизводственного назначения (R_5)	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6
Объекты с функциями обслуживания производственного назначения	2	3	3	3	4	5	4	5	6	5	6	7

(R4)												
Вспомогательные объекты (R3)	3	3	4	4	5	6	5	6	7	6	7	8
Основные объекты, допускающие ремонт и техническое обслуживание без технологической остановки (R2)	4	4	5	5	5	7	6	7	8	7	8	9
Основные объекты, для которых ремонт и техническое обслуживание выполняется при технологической остановке (R1)	5	5	6	5	6	7	7	8	8	8	9	10

Средства аварийной защиты при непрерывном контроле. В соответствии с положениями ДБН В.1.2-14-2009 [2] контроль показателей качества и безопасности производится на всех стадиях жизненного цикла конструкций. Требования проведения инструментального мониторинга в процессе эксплуатации, ремонта и реконструкции предусматривают наблюдение за состоянием конструкций и грунтов основания. Благодаря развитию методик и средств измерений, цифровой обработке сигналов, в настоящее время для мониторинга существует широкий набор возможностей выбора методов контроля. Мониторинг конструкций и оснований зданий включает четыре основные группы инструментальных методов технического контроля:

геодезические измерения; выполняются как с помощью традиционной нивелировки, так и с использованием современных цифровых датчиков, спутниковых GPS-технологий, оборудования для лазерного сканирования объекта;

инженерно-геологические наблюдения состояния грунтового массива в основании зданий и сооружений; существует набор схем измерений в отдельных скважинах, межскважинного просвечивания (вплоть до получения 3-мерного томографического изображения); помимо скважин, важную информацию получают при размещении под фундаментной плитой сети датчиков давления на грунт, вертикальных загрузок для свайного основания;

измерения нагрузок и деформаций в конструкциях с использованием вибрационных датчиков напряжений, установленных по пространственным координатам;

сейсмометрические методики с использованием деформографов, наклономеров и сейсмометров при возбуждении колебаний здания как искусственными (удары, вибраторы), так и естественными (ветер) источниками.

Определение качественных и количественных критериев технологической безопасности и анализ уровней рисков, характеристик уязвимости по результатам статистического контроля дефектов и повреждений стальных конструкций обеспечивает возможность разработки и реализации программ непрерывного мониторинга с учетом классов ответственности конструкций, установленных ДБН В.1.2-14-2009.

Литература.

- [1] 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.
- [2] ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – 30 с.