УДК 624.076.2

Влияние технологических факторов на безопасность эксплуатации конструкций зданий и сооружений

Гайдаенко А. С.

ПАО «Авдеевский коксохимический завод», Украина

Аннотация. Разработана методика оценки прогрессирующего разрушения стальных конструкций зданий и сооружений с учетом данных техногенно-экологической экспертизы производственных объектов коксочимического предприятия.

Анотація. Розроблена методика оцінки прогресуючого руйнування сталевих конструкцій будівель та споруд з урахуванням даних техногенно-екологічної експертизи виробничих об'єктів коксохімічного підприємства.

Abstract. The procedure of assessment of the progressive failure of building and construction steel structures is developed taking into account the data of the technogenic and ecological assessment of industrial facilities of a by-product coke plant.

Ключевые слова: Прогрессирующее разрушение, показатель потенциала опасности, система технического обслуживания и ремонта, техногенно-экологическая безопасность.

Введение. Безаварийная эксплуатация конструкций зданий и сооружений является обязательным условием стабильного развития предприятия. Анализ возрастного состава производственных объектов ПАО «Авдеевский КХЗ» показывает, что около 25% имеют срок службы свыше 35 лет, 20% характеризуются возрастом свыше 25 лет, 40% – от 15 до 25 лет и 15% – до 15 лет. Анализ зарубежного опыта в области снижения рисков аварийных ситуаций техногенного характера свидетельствует, что система техногенно-экологической безопасности должна включать показатели технического состояния основных производственных фондов.
Коксохимическое производство характеризуется весьма высокой агрессивностью атмосферы предприятия, термическими воздействиями на рабочие органы машин и конструкции, абразивностью коксовой пыли, адгезией к поверхности аппаратуры конденсата, смол, фусов и т. п. Для производственной среды коксохимического предприятия свойственна неравномерность распределения агрессивных веществ в рабочей зоне. Источники агрессивного воздействия на материал конструкции можно разделить на источники энергетического и химического воздействия. По данным ЦЗЛ ПАО «Авдеевский КХЗ» состав и концентрация компонентов эксплуатационной среды в результате физико-химических

процессов коксохимического производства соответствует средне- и сильноагрессивным воздействиям на строительные конструкции зданий и сооружений.

Обеспечение постоянного уровня надежности и долговечности эксплуатируемых конструкций связано с эффективной организацией службы технической эксплуатации, которая осуществляет надзор за конструкциями собственными силами или путем привлечения специализированных организаций. Целью надзора является своевременное выявление и правильная оценка существующих дефектов и повреждений стальных конструкций. Надзор включает текущие и периодические осмотры конструкций, а также специальное обследование.

Изменение характеристик процесса разрушения протекает в различные периоды эксплуатации основных металлоконструкций и в различных зонах завода по-разному. Поэтому важно установить некоторые средние значения этих характеристик и общие закономерности процесса разрушения основных металлоконструкций на коксохимических предприятиях.

Методика сбора и кодировании информации по показателям коррозионного износа основных металлоконструкций основана на анализе экспериментальных данных обследования металлоконструкций коксохимических предприятий Украины, которые получены ПКБ «Коксохимпроект» в период с 1972 по 2004 гг.

Обзор причин аварий строительных металлоконструкций на коксохимических предприятиях позволил сделать вывод о том, что предотвращение коррозионного разрушения является основным фактором повышении техногенной и экологической безопасности коксохимического производства. Установлено, что при оценке экологической опасности объектов существующие методики не учитывают энергетический потенциал, который определяет кинетику прогрессирующего разрушения при коррозионных воздействиях.

Проблема продления ресурса стальных конструкций связана с обоснованием межремонтных сроков восстановления работоспособности объектов коксохимического производства с учетом их техногенной опасности.

Целью работы является разработка методики предотвращения прогрессирующего разрушения стальных конструкций в условиях коксохимических предприятий на основе критериев техногенной безопасности.

Реализация разработанного подхода осуществляется путем решения следующих задач:

— систематизации данных экологических исследований для определения источников агрессивного воздействия на строительные конструкции;
— определения критериев прогрессирующего разрушения металлоконструкций под влиянием среды коксохимического производства;
— создания системы управления системой технического обслуживания и ремонта (СТОиР) основных производственных фондов по показателям стойкости конструктивных форм в условиях прогрессирующего разрушения;
— разработки технических решений, обеспечивающих повышение долговечности основных металлоконструкций и уровня техногенной безопасности производственных объектов.

Оценка техногенной опасности производственных фондов. Уровень техногенной опасности U объекта можно представить в виде выражения:

$$U = P \cdot G \leq [\,U\,], \qquad (1)$$

где P – показатель потенциала опасности;
G – показатель состояния объекта.
Общий уровень техногенной опасности технологического комплекса представлен выражением:

$$U_{общ} = \sum_{i=1}^{n} Ui, \qquad (2)$$

где U_i – уровень техногенной опасности по какому-либо i-тому нормируемому показателю;
n – количество нормируемых показателей для данной категории объекта.
Показатель потенциала опасности или суммарный энергетический потенциал является относительной величиной, которая включает значение потенциальной энергии сжатых рабочих сред, тепловой энергии нагретых масс, химической энергии горючих рабочих сред находящиеся в объекте и используется при сравнении энергопотенциалов опасных объектов (табл. 1).

Анализ энергетических характеристик позволяет выполнить зонирование основных производственных объектов коксохимического предприятия для определения категорий ответственности сооружений и их базовых конструкций. Таким образом, учитывается опасность прогрессирующего разрушения базовых конструкций для объектов в случае превышения установленного энергетического потенциала.

Методика управления безопасностью объектов. Обеспечение техногенной безопасности объектов коксохимического производства во время эксплуатации реализуется путем обоснования графика СТОиР основных металлоконструкций с учетом показателей программы экономического развития предприятия и уровня техногенной опасности объектов.

Таблица 1

Значение энергий производственных объектов коксохимического производства

Энергетические характеристики / Наименование объекта	Потенциальная энергия сжатых рабочих сред, МДж	Тепловая энергия нагретых рабочих сред, МДж	Химическая энергия горючих рабочих сред, МДж	Суммарная энергия объекта, МДж
Газосборник	-	1,10	895	896,1
Сепаратор коксового газа	-	0,01	179	179,01
Первичный газовый холодильник (ПГХ)	-	3,54	1650	1653,54
Скруббер Вентури	-	0,48	1949	1949,48
Нагнетатель коксового газа	0,20	0,26	211	211,46
Абсорбер	0,98	0,83	1003	1004,81
Конечный газовый холодильник (КГХ)	3,52	1,64	3979	3984,16
Бензольный скруббер	3,08	0,33	3979	3982,41
Серный скруббер	1,65	0,20	2486	2487,85
Подогреватель коксового газа	0,02	0,06	48,36	48,44
Транспортерная галерея	-	-	-	3621,9
Опора газопровода коксового газа	-	-	1414,76	1414,76
Мост коксового газа	-	-	541,59	541,59

Для построения целевой функции СТОиР принят минимум суммарных затрат на восстановление базовой конструкции:

$$S = \sum_{j=1}^{rI} C_{Ij} Tr + \sum_{j=1}^{rII} C_{IIj} Tr \quad , \qquad (3)$$

где C_{Ij} , C_{IIj} — удельные суммарные затраты на восстановление элементов I и II группы; $T_г$ — планируемая наработка.

Поиск эффективной структуры СТОиР состоит в следующем. Для каждой конструкции определяем оптимальную межремонтную наработку элементов, устанавливаем цикличность СТОиР и определяем реальную межремонтную наработку элементов с учетом принятой цикличности.

В свою очередь, определение оптимальных наработок по элементам, их группировку и формирование ремонтного цикла можно представить следующими этапами.

На первом этапе разрабатывают математическую модель отказов, восстановлений и безотказной эксплуатации. На этом этапе определяют взаимосвязь вероятности восстановления элементов на плановых $q_п$ и неплановых $q_м$ ремонтах, математическое ожидание наработки элементов до восстановления $\widehat{T}_{cp}$, а так же зависимость суммарных затрат на восстановление элемента за некоторую наработку от названых выше величин.

Полные вероятности восстановления элемента на плановом $q_п$ и неплановом $q_м$ ремонтах можно представить зависимостями:

$$q_M = \lim_{s \to \infty} \sum_{i=1}^{s} [(1-q_1)...(1-q_{i-1})(1-q_\partial)^{i-1} \cdot q_i]$$

$$q_n = \lim_{s \to \infty} \sum_{i=1}^{s} [(1-q_1)...(1-q_i)(1-q_\partial)^{i-1} \cdot q_\partial] \qquad (4)$$

где $q_д$ — условная вероятность восстановления элемента на плановом ремонте.

Математическое ожидание наработки элемента до восстановления имеет вид:

$$\hat{O} = \lim_{s \to \infty} \left(\sum_{i=1}^{s} q_{\grave{i}\ i} T_{\grave{i}\ i} + \sum_{i=1}^{S} q_{\ddot{i}\ i} T_{\ddot{i}\ i} \right) \qquad (5)$$

где $T_{мi}$ – наработка до i- го непланового ремонта; $T_{пi}$ – наработка до i- го планового ремонта.

После преобразования выражения получаем:

$$\widehat{T}_{cp} = \lim_{s \to \infty} \sum_{i=1}^{s} \{(1-q_\partial)\,[1-(1-q_i)\,(1-q_\partial)]^i \cdot \int_0^{Tp} t f(t) dt\} \times$$

$$\times \prod_{i=1}^{S} (1-q_{i-1}) + Tp \lim_{s \to \infty} \sum_{i=1}^{s} [i(1-q_1)...(1-q_i)(1-q_\partial)^{i-1} q_\partial] \qquad (6)$$

Удельные затраты определяем по формуле:

$$C_{уд} = \frac{\hat{C}}{T} = \frac{1}{T}(q_м C_м + q_п C_п) \qquad (7)$$

где $C_м$ — средние расходы (с учетом ущерба от отказов в процессе работы) на восстановление элемента на неплановом ремонте; $C_п$ — средние расходы на восстановление элемента на плановом ремонте.

В общем виде планируемые периодичности ремонтов для любого момента «жизни» конструкции и ее элемента определяется по формуле:

$$T \approx M(\tau) - kS(\tau)\,, \qquad (6)$$

где $M(\tau)$ и $S(\tau)$ – соответственно математическое ожидание и средне - квадратическое отклонение периодичностей ремонтов; k – коэффициент предотвращения аварийной ситуации, гарантирующий восстановление с учетом уровня техногенной опасности объекта, ответственности объекта (конструкции) и агрессивности эксплуатационной среды (рис. 1).

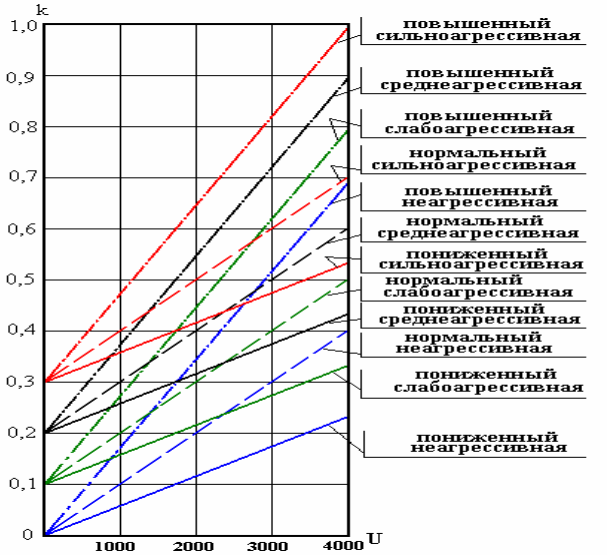

Рис. 1. Номограмма для определения коэффициента временного упреждения периодичности ремонтного восстановления

Показатель состояния объекта G характеризует текущее техническое состояние объекта и принимается на основании полученных данных при обработке статистической информации по техническому состоянию основных металлоконструкций.

4. Выводы. Применение методов управления СТОиР базовых металлоконструкций производственных зданий и сооружений с учетом данных техногенно-экологической опасности объектов является основным фактором предотвращения аварийных ситуаций. Анализ данных по физико-химическим воздействиям в условиях коксохимического производства ПАО «Авдеевский КХЗ» позволил разработать методику обоснования СТОиР, основанную на оценке стойкости базовых стальных конструкций к прогрессирующему разрушению производственных объектов.