

УДК 624.014:614.8:351

Методика предотвращения прогрессирующего разрушения стальных конструкций на основе критериев техногенной безопасности

Гайдаенко А.С.

ПАО «Авдеевский коксохимический завод», Украина

Анотація. Систематизовані дані екологічних досліджень для визначення джерел агресивної дії на будівельні конструкції будівель і споруд в умовах коксохімічного виробництва. Встановлені критерії прогресуючого руйнування металоконструкцій під впливом корозійних впливів. Запропонована структура управління системою технічного обслуговування і ремонту основних виробничих фондів за показниками стійкості конструктивних форм. Розглянуті технічні рішення, що забезпечують підвищення довговічності основних металоконструкцій і рівня техногенної безпеки виробничих об'єктів. Обґрунтований методичний підхід для запобігання небезпеці прогресуючого руйнування базових конструкцій за встановленими критеріями енергетичного потенціалу виробничих об'єктів.

Аннотация. Систематизированы данные экологических исследований для определения источников агрессивного воздействия на строительные конструкции зданий и сооружений в условиях коксохимического производства. Установлены критерии прогрессирующего разрушения металлоконструкций под влиянием коррозионных воздействий. Предложена структура управления системой технического обслуживания и ремонта основных производственных фондов по показателям стойкости конструктивных форм. Рассмотрены технические решения, обеспечивающие повышение долговечности основных металлоконструкций и уровня техногенной безопасности производственных объектов. Обоснован методический подход для предотвращения опасности прогрессирующего разрушения базовых конструкций по установленным критериям энергетического потенциала производственных объектов.

Abstract. The systematic data of the ecological investigations are systematized for determination of the sources of the corrosion attacks for building structures and constructions in the coking-chemical industry. The criteria of metal structure progressive failure under corrosion attack are specified. The structure of controlling the system of the maintenance and repair of the main production facilities according to the resistance indices of structures is proposed. The technical solutions providing the prolongation of the main steel structures durability and the level of the man-caused safety of the industrial facilities are analyzed. The methodological approach for prevention of the progressive failure of the basic structures risk by the specified criterion of the power budget of the industrial facilities is justified.

Ключевые слова: стальные конструкции, критерии разрушения, техническое обслуживание.

Введение. Показатели надежности и безопасности конструкций и сооружений зависят от режима эксплуатации производственных объектов. Проявления техногенных факторов, вызывающие повреждения и отказы конструктивных элементов, характеризуются типом материала и назначением конструкций, объемно-планировочными решениями, видом используемой энергии, напряженно-деформированным состоянием и параметрами эксплуатационных воздействий.

Порядок выполнения анализа и оценки рисков объектов повышенной опасности определен законодательством Украины, а также нормативно-методическими указаниями [1,2]. С позиций энергоэнтропийной концепции опасности [3] различаются три источника воздействий:

- действие энергии окружающей среды, включая человеческий фактор;
- внутренние источники энергии, связанные с технологическими процессами режима эксплуатации и работой отдельных конструктивных элементов;
- потенциальная энергия, накопленная при изготовлении и возведении объекта.

В материалах многочисленных исследований [4 - 8] представлены обобщенные модели механизма снижения несущей способности и разрушения в зависимости от различных сочетаний нагрузок и воздействий.

Целью данной работы является: разработать методику предотвращения прогрессирующего разрушения стальных конструкций в условиях коксохимических предприятий на основе критериев техногенной безопасности.

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. Комплекс производственных воздействий вызывает прогрессирующее разрушение, выход из строя металлоконструкций и оборудования, является причиной внезапных аварий, увеличивает техногенную опасность производства, наносит ущерб окружающей среде и приводит к значительным экономическим потерям.

Анализ рисков коррозионного разрушения конструкций и сооружений. Объектом исследования являются стальные конструкции основного производства коксохимического предприятия: транспортные галереи, мосты коксового газа, опоры межцеховых коммуникаций и обслуживающие площадки коксовых батарей как потенциальные источники техногенной опасности рассматриваемого производства [9].

Статистический анализ данных коррозионного состояния произведен по материалам обследований, выполненных в период с 1972 - 2004 г.г. ПКБ «Коксохимпроект» на 289 объектах (рис.1).

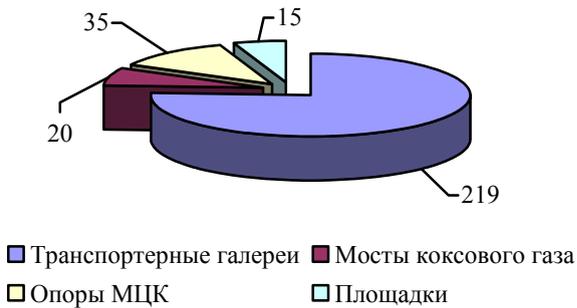


Рис. 1. Количественный состав конструкций и сооружений коксохимических предприятий по данным обследований

Категории технического состояния транспортерных галерей коксохимических предприятий по признакам коррозионного разрушения представлены на рис. 2.

Определение приемлемых уровней рисков включает использование методики аварийной диагностики для объектов повышенной опасности.

Жизненный цикл любой аварии на промышленном предприятии включает этапы инициирования, развития, выхода за пределы аварийного блока, локализации и ликвидации последствий.

Этап инициирование аварии. Аварии происходят при возникновении вполне определенных (не произвольных) условий. Происходит накопление причин, таких как проявление конструктивных недоработок, технологических дефектов, ошибок персонала в процессе эксплуатации и т.п., до тех пор, пока мера этой совокупности не достигнет определенного порога.

Этап развития аварии. Особенность аварий – цепной характер их протекания, когда разрушительное действие иницирующего события многократно усиливается вследствие вовлечения в процесс энергонасыщенных объектов коксохимической технологии. Это цепной процесс разрушительного высвобождения собственного технологического энергозапаса.

Етап распространение аварии. Характеризуется высвобождением веществ, энергии, сильным воздействием на персонал и окружающую среду различных опасных факторов, присущих данному типу производства. В результате этапа распространения последствия аварии достигают максимальных размеров социально-экономического ущерба.

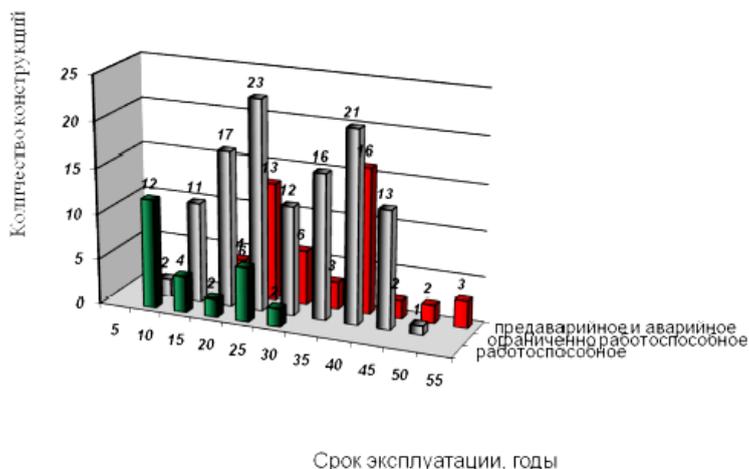


Рис. 2. Техническое состояние транспортерных галерей коксохимических предприятий

Этап ликвидация последствий аварии включает период с момента локализации до полной ликвидации аварии и её последствий. Авария считается закончившейся в тот момент, когда прекратилось влияние опасных факторов, характерных для данной ситуации, предотвращены условия, вызывающие угрозы для жизни и здоровья людей.

Расчетная оценка срока службы при прогрессирующем разрушении конструкций. Основными задачами диагностики аварийного состояния стальных конструкций являются:

- определение зависимости коррозионного износа основных элементов конструкции при прогрессирующем разрушении;
- оценка изменения несущей способности конструкции (объекта) во времени;
- контроль параметров напряженно-деформированного состояния для разработки мер по обеспечению работоспособности с учетом установленного срока службы объекта.

Срок эксплуатации коксовых батарей составляет 40 лет, что определяет временной интервал эксплуатации безаварийной работы основных металлоконструкций коксохимического предприятия. Обработка статистической информации о техническом состоянии основных металлоконструкций коксохимических предприятий проведена на основе пакета прикладных программ STATISTICA.

Транспортерные галереи углеподготовительных и коксовых цехов были разделены на две категории по степени влияния агрессивной среды (средне- и сильноагрессивная) в зависимости от источников энергетического и химического воздействия: коксовой батареи, тушильной башни, установки сухого тушения кокса и др.

Статистическая обработка данных интенсивности коррозионного износа выполнена для основных элементов транспортерных галерей с учетом энергетических и химических воздействиях объектов коксохимического производства (рис. 3 – 6).

Полученные зависимости характеризуют процесс коррозионного разрушения в зависимости от конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов и срока службы элементов конструкций. Полученные данные по степени коррозионного износа позволяют определить периодичность и количество ремонтных восстановлений элементов конструкции на основе оценки рисков методики аварийной диагностики производственных объектов.

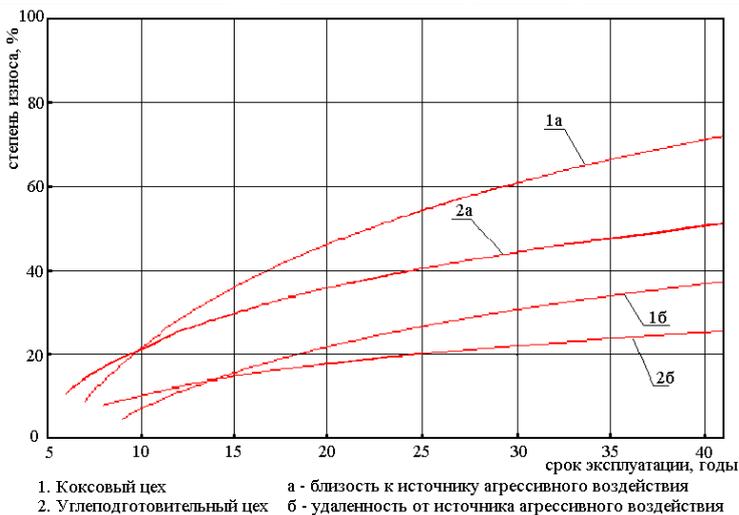


Рис. 3. Сравнительная характеристика коррозионного разрушения ферм верхнего пояса транспортерных галерей

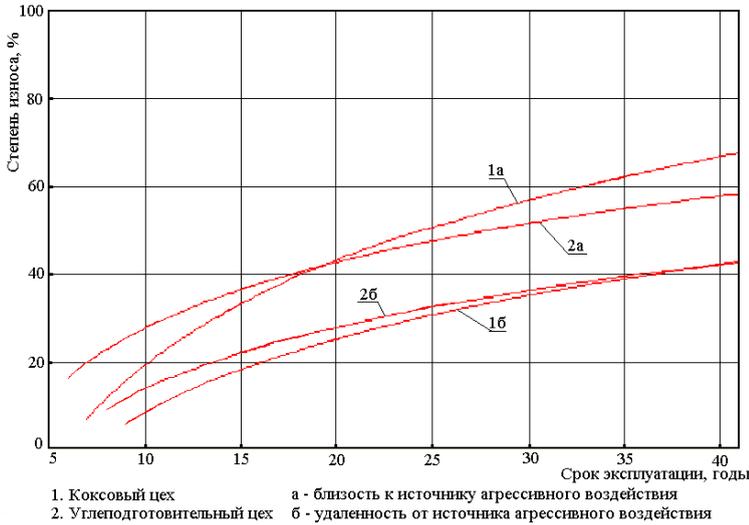


Рис. 6. Сравнительная характеристика коррозионного разрушения балок перекрытия транспортных галерей

Разработанная стратегия управления ТОиР основных металлоконструкций учитывает надежность конструкции и комплекса технико-экономических показателей производства. Обоснован выбор критериев оптимальности периодичности восстановления.

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

$$T \approx M(\tau) - kS(\tau), \quad (1)$$

где $M(\tau)$ и $S(\tau)$ – соответственно математическое ожидание и средне-квадратическое отклонение периодичностей ремонтов; k – коэффициент временного упреждения, гарантирующий восстановление с учетом техногенной безопасности объекта.

Коэффициент временного упреждения k зависит от уровня техногенной опасности объекта, ответственности объекта (конструкции) и агрессивности режима эксплуатации объекта. Для оценки коэффициента временного упреждения используются диаграмма (рис. 7) с заданными параметрами:

- ответственности объекта – принимается в соответствии с нормативной документацией (для значений угла наклона $\alpha = 30^0$ – пониженный уровень ответственности, $\alpha = 45^0$ – нормальный, $\alpha = 60^0$ – повышенный);

- агресивності среды ($y = 0$ – неагресивная; $y = 0,1$ – слабоагресивная; $y = 0,2$ – среднеагресивная; $y = 0,3$ – сильноагресивная);
- уровня техногенной опасности объекта, $U = [0 \dots 4000]$.

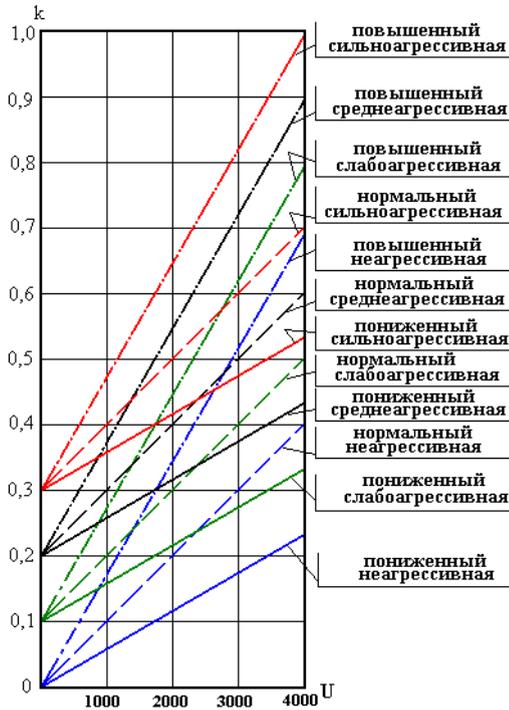


Рис. 7. Номограмма для определения коэффициента временного упреждения периодичности ремонтного восстановления

Использование номограммы позволяет получить расчетную характеристику коэффициента временного упреждения для планирования ремонтных работ с учетом уровня техногенной опасности, ответственности объекта по назначению и влияния коррозионной среды.

Выводы

Рассмотрены особенности прогрессирующего разрушения стальных конструкций зданий и сооружений коксохимических предприятий. В результате системного анализа техногенных факторов сформулированы основные этапы методики диагностики аварийного состояния объектов повышенной опасности, включающие оценку коэффициента временного упреждения и определение сроков ремонтного восстановления конструкций.

Выявлены статистические закономерности коррозионного износа, что позволяет устанавливать приемлемые уровни рисков на основе анализа критичности отказов с учетом расчета показателей техногенной опасности объектов в коррозионных средах.

Литература

- [1] 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.
- [2] Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування об'єктів підвищеної небезпеки. – Київ, «Основа», 2003. – 192 с.
- [3] Малкин В.С. Надежность технических систем и техногенный риск. / В.С.Малкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 432 с.
- [4] Райзер В.Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций. / Райзер В.Д. – М.: Стройиздат, 1995. – 352 с., ил. – (Надежность и качество).
- [5] Перельмутер А.В. Стан та залишковий ресурс фонду будівельних металевих конструкцій в Україні / А.В. Перельмутер, В.М. Гордеев, Є.В. Горохов., Єгоров Є.А., Корольов В.П., Лантух-Лященко А.И., Оглобля А.И.— К.: УІНСІЗР, 2002. — 132 с.
- [6] Ройтман В.М. Стойкость зданий против прогрессирующего разрушения при комбинированных особых воздействиях. Общий подход и метод оценки. В сб. докладов тем. научн.- практ. конф. «Городской строительный комплекс и безопасность жизнеобеспечения граждан». Россия, Москва, МГСУ, 09-10 ноября 2005 г., с. 8-17.
- [7] Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. / А.В.Перельмутер. Научн. Изд-ние. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 256 с.
- [8] Шимановский А.В. Техническая диагностика и предупреждение аварийных ситуаций конструкций зданий и сооружений. /Шимановский А.В., Гордеев В.Н., Королёв В.П., Оглобля А.И., Рухович И.Р., Филатов Ю.В. – К.: Изд-во “Сталь”, 2008. – 463 с.
- [9] Гайдаенко А.С. Влияние технологических факторов на безопасность эксплуатации конструкций зданий и сооружений. / Зб. наук. праць Українського інституту сталевих конструкцій. Під заг. ред. засл. діяча науки і техніки України, д.т.н., проф.. О.В.Шимановського.// Науковий збірник, вип. 7. – Вид-во «Сталь», Київ, 2011, с. 96-102.

Надійшла до редколегії 3.09.2012 р.