

## АНАЛИЗ КОРРОЗИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

*Валеев С.И.*

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
Казань*

**Ключевые слова:** коррозия металлов, скорость коррозии, авария, промышленная безопасность, теплообменник.

**Аннотация.** В работе рассмотрены деградиционные процессы, вопросы коррозионного повреждения металла, виды коррозии и коррозионных разрушений, способы защиты от коррозии. На примере кожухотрубчатого теплообменника, применяемого на опасном производственном объекте, с помощью неразрушающих методов контроля проведены исследования скорости коррозии основных его элементов.

## CORROSION ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES

*Valeev S.I.*

*Kazan National Research Technological University, Kazan*

**Keywords:** metal corrosion, corrosion rate, accident, industrial safety, heat exchanger.

**Abstract.** The paper considers degradation processes, issues of corrosion damage to metal, types of corrosion and corrosion damage, methods of corrosion protection. On the example of a shell-and-tube heat exchanger used at a hazardous production facility, studies of the corrosion rate of its main elements were carried out using non-destructive testing methods.

В настоящее время основным источником опасности становится техносфера. Усложнение технологии производств, несовершенные системы управления, расположение объектов в местах проживания людей, применение пожаро-взрывоопасных и токсичных веществ приводит к тому, что возникающие аварии могут иметь катастрофический промышленный, экологический характер, воздействуя на человека и окружающую среду [1, 2]. Поэтому в последнее десятилетие проблема снижения количества и масштабов техногенных аварий является одной из первоочередных задач общества.

Проблемы промышленной безопасности наиболее остро стоит на предприятиях нефтегазохимического комплекса. На предприятиях нефтегазохимического комплекса в настоящее время эксплуатируется большое количество разнотипного технологического оборудования, эксплуатируемое в сложных условиях и режимах работы под совместным воздействием температур и давлений, взрывопожароопасных и агрессивных технологических сред, механических нагрузок различного характера [2-7].

Эксплуатация изношенного оборудования, некачественное выполнение работ по обслуживанию оборудования, нарушение режима эксплуатации, коррозия и эрозия металла, пропуск продукта через разъемные соединения технологического оборудования, низкая технологическая и производственная дисциплина, неэффективность существующих систем управления промышленной

безопасностью все это приводит к увеличению количества аварий на опасных производственных объектах.

Все это может привести к деградации материалов технологического оборудования, применяемого на опасных производственных объектах. По литературным данным деградация-это процесс, происходящий в течении длительного времени в металле и выражается в неспособности оборудования сопротивляться воздействию на него различных условий и режимов эксплуатации, нагрузок, приводящих в конечном итоге к снижению прочности и сроках остаточного ресурса оборудования [4, 8, 9].

Основные виды деградационных процессов технологического оборудования на предприятиях нефтегазохимического комплекса [1, 10-12]:

- изменение геометрических размеров основных элементов;
- коррозия и изнашивание материалов;
- образование и развитие дефектов;
- изменение механических свойств материалов.

В зависимости от действующего механизма деградационного процесса различают следующие виды предельных состояний:

- вязкое, усталостное хрупкое разрушение элементов оборудования;
- предельная пластическая деформация оборудования, обусловленная прогибом или нарушением устойчивости несущих элементов, что приводит к необходимости вывода оборудования из эксплуатации;
- разгерметизация или течь оборудования.

Предельным состоянием при эксплуатации технологического оборудования, подвергающегося коррозионному воздействию, является уменьшение толщины его стенок до отбраковочной величины, ниже которой эксплуатация элементов оборудования запрещается ввиду того, что не обеспечивается необходимый запас его несущей способности.

Коррозионное повреждение, приводящее к разрушению технологического оборудования, вызвано совместным воздействием на металл агрессивных, пожаро-взрывоопасных сред и образующихся коррозионных отложений при эксплуатации оборудования.

Коррозией металла называется нарушение его структуры в результате химических или электрохимических реакций. Коррозия является причиной ухудшения механических свойств и оборудования, приводит к значительным потерям оборудования из металлов, в частности из железа.

В связи с этим возникают задачи по определению скорости коррозии технологического оборудования и анализ влияния среды на её распространение не только по окончании срока службы, но и в процессе эксплуатации [1, 4, 11, 13].

Вопросы определения скорости коррозии возникают при проведении экспертизы промышленной безопасности в плане прогнозирования этой скорости при назначении дальнейшего срока безопасной эксплуатации технологического оборудования.

В качестве объекта исследования в данной работе был выбран кожухотрубчатый теплообменник, эксплуатирующийся на одном из химических предприятий с 1981 года. Материал основных элементов теплообменника – СтЗсп5.

Рабочие параметры по паспорту (межтрубное/трубное пространства):

- рабочее давление – (12.0/15.6) кгс/см<sup>2</sup>;
- рабочая температура – (до +200/до +200)<sup>0</sup>С;
- рабочая среда – (керосин/обессоленная нефть).

Ввиду особенностей конструкции теплообменников не всегда удается провести удаление трубных решеток для проведения внутреннего осмотра корпуса. Поэтому в данном случае основными методами определения скорости коррозии основных элементов оборудования в процессе эксплуатации являются не только визуально-измерительный контроль, но и ультразвуковая толщинометрия в рамках проведения технического освидетельствования и технического диагностирования [1, 3, 9, 10, 14, 15]. Период наблюдения и контроля был выбран с 2018 г. по 2020 г.

Визуально-измерительно контроль – это контроль, осуществляемый наружным (внутренним) осмотром невооруженным глазом или с применением простейших инструментов (луп различного класса и т.д.) с последующим измерением контролируемых элементов [1, 8, 12, 14, 15]. Данный метод отлично вписывается в полевые условия, не нуждается в расходниках и дорогостоящей аппаратуре. По результатам визуально-измерительно контроля теплообменника коррозии других дефектов не обнаружено.

Проведена ультразвуковая толщинометрия основных элементов исследуемого аппарата. Результаты ультразвуковой толщинометрии основных элементов теплообменного оборудования представлены в таблице 1.

Табл. 1. Результаты ультразвуковой толщинометрии

Элемент теплообменника	Наружный диаметр, мм	Дата проведения УЗТ	Результаты замеров	Дата проведения УЗТ	Результаты замеров
штуцер А1	219	30.12.18	13,2	30.12.20	13,1
штуцер А2	219	30.12.18	13,7	30.12.20	13,7
штуцер Б1	219	30.12.18	10,2	30.12.20	10,0
штуцер Б2	219	30.12.18	13,7	30.12.20	13,2
днище	600	30.12.18	10,2	30.12.20	10,0
днище	600	30.12.18	9,9	30.12.20	9,5
днище	600	30.12.18	10,4	30.12.20	9,9
днище	600	30.12.18	9,9	30.12.20	9,3
обечайка	600	30.12.18	11,8	30.12.20	11,3
обечайка	600	30.12.18	11,4	30.12.20	11,2
обечайка	600	30.12.18	12,0	30.12.20	11,4
обечайка	600	30.12.18	11,6	30.12.20	11,3
обечайка	600	30.12.18	9,7	30.12.20	9,0
обечайка	600	30.12.18	9,2	30.12.20	8,3
обечайка	600	30.12.18	9,5	30.12.20	8,7
обечайка	600	30.12.18	9,8	30.12.20	9,0
обечайка	600	30.12.18	9,4	30.12.20	8,6
обечайка	600	30.12.18	9,7	30.12.20	9,2

Табл. 1. Продолжение

Элемент теплообменника	Наружный диаметр, мм	Дата проведения УЗТ	Результаты замеров	Дата проведения УЗТ	Результаты замеров
обечайка	600	30.12.18	9,4	30.12.20	8,7
обечайка	600	30.12.18	9,6	30.12.20	8,9
обечайка	600	30.12.18	9,7	30.12.20	9,0
обечайка	600	30.12.18	9,8	30.12.20	9,3
обечайка	600	30.12.18	9,1	30.12.20	8,5
обечайка	600	30.12.18	9,2	30.12.20	8,5
днище	600	30.12.18	9,1	30.12.20	8,8
днище	600	30.12.18	8,9	30.12.20	8,7
днище	600	30.12.18	9,2	30.12.20	8,8
днище	600	30.12.18	9,3	30.12.20	9,0

По результатам расчетов скорости коррозии основных элементов теплообменника установлено – скорость коррозии для обечайки теплообменного аппарата составляет 0,37 мм/год, что превышает значение 0,1 мм/год, которое принято при проектировании данного теплообменника согласно паспортным данным в 3,7 раза [2, 12].

Полученные результаты позволили выявить наиболее уязвимые места объекта исследования и выбрать наиболее эффективные способы для защиты основного металла теплообменника от коррозии. Мероприятия по антикоррозионной защите металла от коррозии в конечном итоге, с учетом снижения затрат на замену теплообменника и увеличения срока эксплуатации, оправданы и дают хороший экономический эффект.

#### Список литературы

1. Бигус Г.А., Даниев Ю.Ф. Техническая диагностика. – М.: Наука, 2010. – 415 с.
2. Борщев В.Я., Кормильцин Г.С., Промтов М. А., Тимонин А.С. Основы безопасной эксплуатации технологического оборудования химических производств. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 188 с.
3. Валеев С.И. Эксплуатация технологического оборудования на опасном производственном объекте // Современные проблемы теории машин. – 2020. – № 9. – С. 50-52. – doi.org/10.26160/2307-342X-2020-9-50-52.
4. Ларин А.А., Валеев С.И., Зайнуллин Ф.Р., Булкин В.А. Дegradация свойств металла оборудования установки переработки углеводородного сырья длительное время находящегося в эксплуатации // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 20. – С. 257-258.
5. Харламов И.Е., Валеев С.И., Зайнуллин Ф.Р., Булкин В.А. Исследование расслоений различной формы и ориентации в обечайке с определением параметров трещиностойкости // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 20. – С. 267-269.
6. Хамизуллин Ф.Ф., Валеев С.И. Применение гидроциклонов в химической и нефтехимической промышленности // Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология. Пятая Всероссийская студенческая научно-техническая конференция. – Казань: КНИТУ, 2018. – С. 212-215.
7. Valeev S.I, Kharlamov I.E. Determination of powerful active zones of petrochemical equipment // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019, vol. 537, p. 032059, doi.org/10.1088/1757-899X/537/3/032059.

8. Губайдуллин И.И., Валеев С.И., Булкин В.А. Проблемы эксплуатации трубопроводов на предприятиях нефтегазового комплекса // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 20. – С. 50-51.
9. Шакирова Ю.И., Валеев С.И., Булкин В.А. Эксплуатация технических устройств (сосудов и аппаратов) с дефектами типа // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т.15, – № 16. – С 157-158.
10. Асатов И.Ф., Валеев С.И., Харламов И.Е. Диагностика, контроль и ремонт оборудования нефтехимической отрасли, подверженного дефекту типа расслоение // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2016. – Т. 72, № 2. – С. 21-24.
11. Сабитов М.Х., Поникаров С.И. Оценка ресурса безопасной эксплуатации сосудов давления с учетом дефектов сварки // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 9. – С. 182-185.
12. Коновалов Н.Н. Нормирование дефектов и достоверности неразрушающего контроля сварных соединений. – М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006. – 111 с.
13. Валеев С.И., Пластинкин Н.В. Прочность элементов оборудования длительное время находящегося в эксплуатации // Фундаментальные основы механики. –2018. – № 3. – С. 129-130. – doi.org/10.26160/2542-0127.
14. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. – М.: Машиностроение, 2006. – 368 с.
15. Харламов И.Е., Валеев С.И., Булкин В.А. Возможная эксплуатация емкостного оборудования с технологическими дефектами на нефтегазохимическом производстве // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 22. – С. 82-83.

Сведения об авторе:

Валеев Сергей Ильдусович – к.т.н., доцент.