



АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

www.experts-pb.ru



Сетевое периодическое издание.
Периодичность выхода –
ежеквартально.

№ 2
октябрь-декабрь
2015



РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ

Беляев Г.С.
ООО «Промтехэкспертиза»,
директор по науке
и технике

Лихачёв Ю.Ф.
ООО «Промтехэкспертиза»,
директор по маркетингу

Шолохова Н.Ю.
ООО «Промтехэкспертиза»,
инженер

Щебрикова Е.К.
ООО «Промтехэкспертиза»,
к. э. н.

СОДЕРЖАНИЕ

Борисов В.В., Морозов Б.П., Марков М.А., Золотов В.А.
**Возникновение усталостных трещин в нижних
коллекторах котлов** 15

*Борисов В.В., Егоров П.А., Максимов А.В., Морозов Б.П.,
Золотов В.А.*
**О некоторых ошибках при проведении ремонтных
работ насосного оборудования** 19

Пидгирец В.Н., Шаврин К.А.
**Неразрушающие методы контроля
металлоконструкций башенных кранов** 24

Пидгирец В.Н., Шаврин К.А.
**Неразрушающие методы контроля тормозных
механизмов установленных на агрегатах подъемных
сооружений** 28

Маринин В.М., Филяков В.В.
**Экспертиза промышленной безопасности зданий и
сооружений: основные понятия** 32

Пидгирец В.Н., Шаврин К.А.
**Дополнительные требования по обязательному
контролю работы храпового механизма стреловой
лебедки кранов-грубоукладчиков ТО -1224** 38

Пидгирец В.Н., Шаврин К.А.
**Проведение ультразвуковой толщинометрии на
сосудах с применением ультразвуковых сканирующих
систем** 41

*Борисов В.В., Егоров П.А., Максимов А.В., Малеев О.А.,
Артемов А.В.*
**О некоторых ошибках при проектировании опасных
производственных объектов** 44



<i>Борисов В.В., Высоких Р.В., Равинский И.Д., Блатов А.А., Хохлов В.Г.</i> Рекомендации по эксплуатации стальных конструкций на опасных производственных объектах	50
<i>Шаврин К.А., Пидгирец В.Н.</i> Особенности определения остаточного ресурса газогорелочных устройств газопотребляющего оборудования	56
<i>Морозов Б.П., Марков М.А., Золотов В.А., Борисов В.В.</i> Контроль опорно-подвесной системы паропроводов высокого давления	64
<i>Точилов А.В.</i> Критерии отнесения проектной документации к объектам экспертизы промышленной безопасности	71
<i>Бельшев В.Н., Тукачёв А.В., Титов А.А., Ефремова А.А., Богатова Н.М.</i> Причины и последствия аварий на газораспределительных станциях (ГРС)	74
<i>Шевченко А.В., Зубанев В.В., Бич А.Н., Перовский К.Э., Митяков А.Н.</i> Основные виды помех и ложных сигналов при ультразвуковом контроле и особенности их распознавания	80
<i>Глухова А.В., Дедов В.В., Богатова Н.М., Бич А.Н., Лебедев А.Л.</i> Анализ пожарной опасности опасного производственного объекта	84
<i>Маринин В.М., Филяков В.В.</i> Типичные нарушения требований промышленной безопасности при эксплуатации зданий и сооружений опасных производственных объектов хранения и	90



переработки растительного сырья

- Вакатов А.В., Куценко М.М., Чуфаров М.В., Зорин П.Н.,
Бикинеев Д.В.*
О связи характеристик сигналов АЭ с процессами деформации и разрушения бетонов 94
- Вакатов А.В., Куценко М.М., Бикинеев Д.В., Чуфаров М.В.,
Зорин П.Н.*
Опыт исследования дефектов и повреждений оборудования, полученных в результате водородного растрескивания под напряжением 101
- Борисов В.В., Егоров П.А., Максимов А.В., Малеев О.А.,
Заитов М.Т*
О некоторых ошибках при проектировании складов нефти и нефтепродуктов 108
- Борисов В.В., Егоров П.А., Малеев О.А., Максимов А.В.,
Морозов Б.П., Золотов В.А.*
О продлении срока безопасной эксплуатации насосно-компрессорного оборудования по результатам анализа условий эксплуатации и фактических эксплуатационных характеристик 114
- А.М. Ширяев, В.В. Борисов, О.А. Малеев, П.А. Егоров,
М.А. Марков, Б.А. Краснов, Б.П. Морозов, А.В. Максимов.*
К вопросу обследования состояния тепловых сетей 119
- Морозова О.В., Морозов Б.П., Марков М.А., Золотов В.А.,
Титов С.А.*
Исследования металла пароперепускных труб котлов 127
- Борисов В.В., Высоких Р.В., Равинский И.Д., Блатов А.А.,
Хохлов В.Г.*
Содержание отмолок в исправном состоянии – гарантия безопасной эксплуатации фундаментов зданий и сооружений на опасных производственных объектах 130



<i>Ширяев А.М., Егоров П.А., Малеев О.А., Морозов Б.П., Марков М.А., Максимов А.В.</i>	
Некоторые особенности экспертизы промышленной безопасности и технического диагностирования трубопроводной арматуры	133
<i>Вакатов А.В., Куценко М.М., Чуфаров М.В., Зорин П.Н., Бикинеев Д.В.</i>	
Пузырьковый метод неразрушающего контроля с использованием вакуумных рамок	142
<i>Вакатов А.В., Куценко М.М., Бикинеев Д.В., Чуфаров М.В., Зорин П.Н.</i>	
Опыт применения тепловизионного контроля теплоизоляции	146
<i>Ширяев А.М., Егоров П.А., Малеев О.А., Морозов Б.П., Марков М.А., Максимов А.В.</i>	
Техническое диагностирование днищ резервуаров вертикальных сварных. Акустико-эмиссионный контроль.	158
<i>Митяков А.Н., Бич А.Н., Лебедев А.Л., Шевченко А.В., Горбунов Д.В.</i>	
Особенности диагностирования и причины возникновения основных видов дефектов паровых котлов	166
<i>Митяков А.Н., Бич А.Н., Лебедев А.Л., Шевченко А.В., Горбунов Д.В.</i>	
Анализ диагностических данных паровых котлов типа ДКВР	169
<i>Березина А.И., Новикова В.Ю., Языков А.А.</i>	
Опыт контроля и диагностики сосудов под давлением, установленных на предприятиях ОАО «Фортум»	173
<i>Березина А.И., Новикова В.Ю., Языков А.А.</i>	
Исследования причин повреждения труб пароперегревателей котлов БКЗ 210-140Ф	178



Челябинской ТЭЦ-2

- Голощанова А.М., Суров А.А., Перепелко С.Н.,
Кузьмин П.Н., Поляков Е.И.*
Бесконтактный контроль 183
- Хохлов В. Г., Митрофанов А. Л., Гудков И.В.*
**Дефекты ограничителей, приборов и устройств
безопасности подъемных сооружений – одни из причин
аварий на опасных производственных объектах** 186
- Березина А.И., Новикова В.Ю., Языков А.А.*
**О повреждениях тупиковых участков паросборных
коллекторов пароперегревателя низкого давления
котла ТПГЕ-21** 191
- Березина А.И., Новикова В.Ю., Языков А.А.*
**Обеспечение эксплуатационной безопасности паровых
турбин. Методы неразрушающего контроля.** 197
- Высоких Р.В, Равинский И.Д., Блатов А.А., Хохлов В.Г.,
Титов С.А.*
**Определение расчетных сопротивлений материала и
соединений стальных конструкций при проведении
экспертизы промышленной безопасности на
химически опасных производственных объектах** 205
- Березина А.И., Новикова В.Ю, Языков А.А., Терёшин Д.А.,
Шакиров А.А.*
**Расчет высокотемпературных трубопроводов
электростанций с помощью программного модуля
конечно-элементного пакета ANSYS** 209
- Маринин В.М., Филяков В.В.*
**Зарубежные и отечественные стандарты по ремонту и
защите бетонных конструкций** 216
- Голощанова А.М., Суров А.А., Перепелко С.Н,
Кузьмин П.К., Поляков Е.И.*
Проблемы долговечности железобетонных силосов 221



- Ильинский К.В., Иванов К.С., Власенко А.А.,
Барминова О.М., Логинов Е.С.*
Об инновации в области диагностики тепловых сетей 225
- Высоких Р.В., Равинский И.Д., Блатов А.А., Хохлов В.Г.,
Глухова А.В.*
**Устройство легкобрасываемых конструкций в
котельных на опасных производственных объектах** 228
- Ильинский К.В., Иванов К.С., Власенко А.А.,
Барминова О.М., Логинов Е.С.*
**Об основных методах неразрушающего контроля
оборудования, работающего под избыточным
давлением** 232
- Ильинский К.В., Иванов К.С., Власенко А.А.,
Барминова О.М., Логинов Е.С.*
**Об особенности продления срока службы
оборудования, работающего под избыточным
давлением** 236
- Ильинский К.В., Иванов К.С., Власенко А.А.,
Барминова О.М., Логинов Е.С.*
**Об особенности эксплуатации ресиверов,
изготовленных из стали марки 3** 240
- Ильинский К.В., Иванов К.С., Власенко А.А.,
Барминова О.М., Логинов Е.С.*
**Об основных видах и устройстве котлов,
применяемых на опасных производственных объектах** 243
- Вакатов А.В., Куценко М.М., Чуфаров М.В., Зорин П.Н.,
Бикинеев Д.В.*
**Исследование водородного охрупчивания путем
испытаний на трехточечный изгиб образцов из
высокопрочной стали с одновременной регистрацией
сигналов акустической эмиссии** 247



- Ширяев А.М., Краснов Б.А., Корнилов В.В., Малеев О.А.,
Марков М.А., Максимов А.В.*
**Техническое диагностирование днищ РВС.
Виброакустический контроль.** 253
- Ширяев А.М., Егоров П.А., Морозов Б.П., Малеев О.А.,
Марков М.А., Максимов А.В.*
**Техническое диагностирование усталостной
прочности сосудов, работающих под избыточным
давлением, изготовленных из аустенитных сталей** 260
- Бельшев В.Н., Тукачев А.В., Титов А.А., Ефремова А.В.,
Богатова Н.М.*
**Проведение экспертизы промышленной безопасности
и определение остаточного ресурса запорной
арматуры магистральных газопроводов** 268
- Голощанова А.М., Суров А.А., Перепелко С.Н.,
Кузьмин П.К., Поляков Е.И.*
**Опыт исследования дефектов пространственных
железобетонных конструкций покрытий, на примере
складчатой оболочки универсального спортивного
зала «Дружба» Олимпийского комплекса Лужники** 275
- Ряднов И.И., Сизов В.Н., Орлов А.В., Нарожный А.Д.,
Беляев Г.С.*
**Исследование арочных ферм здания «Дворца спорта»
олимпийского комплекса «Лужники» с целью
определения возможности приложения
дополнительных эксплуатационных нагрузок** 280
- Ряднов И.И., Сизов В.Н., Орлов А.В., Нарожный А.Д.,
Беляев Г.С.*
**Вопросы проведения экспертизы технических
устройств перед началом их применения на опасных
производственных объектах** 286
- Бельшев В.Н., Тукачев А.В., Титов А.А., Ефремова А.В.,
Максимов А.В.*
**Техническое диагностирование
нефтегазопромыслового оборудования и инструмента** 294



**для ремонта и освоения скважин. Характерные виды
дефектов, возникающие в процессе эксплуатации.
Причины возникновения.**

*Ряднов И.И., Сизов В.Н., Орлов А.В., Нарожный А.Д.,
Беляев Г.С.*

**Требования к организационно-техническим
возможностям экспертной организации при
выполнении работ по экспертизе промышленной
безопасности**

303

*Сизов В.Н., Ряднов И.И., Орлов А.В., Нарожный А.Д.,
Хохлов В.Г.*

**Вопросы оценки соответствия грузоподъемных
механизмов, не подлежащих регистрации в органах
Ростехнадзора**

311

*Нарожный А.Д., Одайкин А.П., Муравьев В.С., Орлов А.В.,
Егоров П.А.*

**Аттестация специалистов сварочного производства в
организациях, занятых изготовлением, ремонтом и
монтажом технических устройств на опасных
производственных объектах.**

317

*Бельшев В.Н., Тукачев А.В., Титов А.А., Ефремова А.В.,
Богатова Н.М.*

**Моделирование последствий аварий на
магистральных газопроводах с использованием
программы ТОКСИ+Risk**

326

*Ряднов И.И., Сизов В.Н., Орлов А.В., Нарожный А.Д.,
Куценко М.М.*

**Требования нормативно-технической документации к
организациям, осуществляющим деятельность по
ремонту и монтажу технических устройств на опасных
производственных объектах**

332

*Ряднов И.И., Сизов В.Н., Орлов А.В., Нарожный А.Д.,
Беляев Г.С.*

**Реализация требований действующей нормативно-
технической документации Ростехнадзора при**

340



**внесении заключений экспертиз промышленной
безопасности в государственный реестр заключений**

*Вакатов А.В., Куценко М.М., Чуфаров М.В., Зорин П.Н.,
Бикинцев Д.В.*

**Опыт применения металлографии при выявлении
причины разрушения** 350

*Одайкин А.П., Нарожный А.Д., Муравьев В.С., Орлов А.В.,
Малеев О.А.*

**Сложности идентификации водородной коррозии в
условиях действующего производства** 355

*Рогожев И.В., Малкин В.А., Евсеев В.А., Польшгалов А.Н.,
Барминова О.М.*

**Неразрушающий контроль при эксплуатации
подъемных сооружений** 358

*Рогожев И.В., Малкин В.А., Евсеев В.А., Польшгалов А.Н.,
Барминова О.М.*

Остаточный ресурс технических устройств 362

*Рогожев И.В., Малкин В.А., Евсеев В.А., Польшгалов А.Н.,
Барминова О.М.*

**Ремонт металлоконструкций подъемных сооружений с
применением сварки** 364

*Рогожев И.В., Малкин В.А., Евсеев В.А., Польшгалов А.Н.,
Барминова О.М.*

**Высокопрочные стали с возможностью широкого
применения гибки и резки** 366

*Голощанова А.М., Суров А.А., Перепелко С.Н.,
Кузьмин П.К., Поляков Е.И.*

**Опыт обследования железнодорожной наливной
эстакады** 370

Бельшев В.Н., Тукачев А.В., Титов А.А., Ефремова А.В.

Устройство для измерения овальности труб больших 378

	диаметров при строительстве и эксплуатации магистральных нефтегазопроводов	
	<i>Одайкин А.П., Муравьев В.С., Коннова Е.Ю., Орлов А.В., Заитов М.Т.</i>	
	Капиллярный метод исследования конструкций	386
	<i>Вакатов А.В., Куценко М.М., Бикинеев Д.В., Чуфаров М.В., Зорин П.Н.</i>	
	Определение характера коррозионного повреждения металла трубопровода тепловой сети системы отопления жилого дома	389
	<i>Одайкин А.П. Муравьев В.С., Нарожный А.Д., Орлов А.В., Заитов М.Т.</i>	
	Металлографический метод исследования конструкций	392
	<i>Одайкин А.П., Муравьев В.С., Коннова Е.Ю., Федоринин В.А., Артемов А.В.</i>	
	Токовихревой метод контроля конструкций	396
	<i>Одайкин А.П., Муравьев В.С., Коннова Е.Ю., Федоринин В.А., Артемов А.В.</i>	
	Ультразвуковой метод контроля конструкций	399
	<i>Одайкин А.П., Муравьев В.С., Коннова Е.Ю., Нарожный А.Д., Высоких Р.В.</i>	
	Мониторинг технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений в целях предотвращения аварий на опасных производственных объектах	402
	<i>Дубинин С.Н., Загребин И.А., Шилов С.А., Семенов Е.В., Крылов С.Н., Заитов М.Т.</i>	
	Проблемы, возникающие при сварке полиэтиленовых труб газопроводов и седловых отводов	405
	<i>Одайкин А.П., Муравьев В.С., Коннова Е.Ю.,</i>	415



<i>Нарожный А.Д., Блатов А.А.</i> Преимущество проведения текущего ремонта строительных конструкций зданий и сооружений в процессе эксплуатации	
<i>Артемов А.В., Заитов М.Т.</i> Акустико-эмиссионный контроль шаровых резервуаров и газгольдеров для хранения сжиженных газов под давлением	418
<i>Одайкин А.П., Муравьев В.С., Коннова Е.Ю., Орлов А.В., Заитов М.Т.</i> Неразрушающий контроль на объектах промышленных предприятий	425
<i>Дубинин С.Н., Загребин И.А., Шилов С.А., Семенов Е.В., Крылов С.Н., Артемов А.В.</i> Преимущества использования оребренных труб в экономайзерах промышленных котлов	428
<i>Одайкин А.П., Муравьев В.С., Коннова Е.Ю., Орлов А.В., Равинский И.Д.</i> Обследование вентиляционных самонесущих труб на нефтеперерабатывающем производстве	433
<i>Дубинин С.Н., Загребин И.А., Шилов С.А., Семенов Е.В., Крылов С.Н., Митрофанов А.Л.</i> Дефектоскопия канатов грузоподъемных кранов	437
<i>Дубинин С.Н., Загребин И.А., Шилов С.А., Семенов Е.В., Крылов С.Н., Митрофанов А.Л.</i> Обзор нормативных документов в сфере освидетельствования и отбраковки канатов грузоподъемных механизмов	440
<i>Дубинин С.Н., Загребин И.А., Шилов С.А., Семенов Е.В., Крылов С.Н., Митрофанов А.Л.</i> Техническая диагностика как наука об оценке технического состояния	449



- Курченко В.Э., Новиков В.П., Евсеев В.А., Елисеев Д.Н., Горбунов Д.В.*
Технология усиления каменных конструкций 453
- Курченко В.Э., Новиков В.П., Рогожев И.В., Елисеев Д.Н., Горбунов Д.В.*
Анализ снижения несущей способности строительных конструкций, возникающей на фоне технического прогресса 456
- Курченко В.Э., Новиков В.П., Малкин В.А., Елисеев Д.Н., Горбунов Д.В.*
О современных методах ремонтно-восстановительных работ строительных конструкций 459
- Евсеев В.А., Рогожев И.В., Малкин В.А., Елисеев Д.Н., Горбунов Д.В.*
Сварка алюминия и алюминиевых сплавов 463
- Курченко В.Э., Новиков В.П., Малкин В.А., Елисеев Д.Н., Горбунов Д.В.*
Обследование технического состояния строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений: основные проблемы 466
- Куценко М.М., Чуфаров М.В., Зорин П.Н., Бикинеев Д.В., Лашаев М.А.*
Выявление дефектов сварных швов типа непровар и несплавление с использованием методов акустико-эмиссионного контроля 474
- Куценко М.М., Чуфаров М.В., Зорин П.Н., Бикинеев Д.В., Лашаев М.А.*
Выявление дефекта по типу «пора» при неразрушающем контроле 480
- Налимова С.В., Колодко В.Н., Демченко С.В., Данилов С.А., Карпова С.А., Жиленко А.А.*
Математическое представление овальности поперечного сечения трубопровода 484



<i>Налимова С.В., Колодко В.Н., Демченко С.В., Данилов С.А., Карпова С.А., Корешков В.А.</i>	Безопасность работы оборудования, работающего под давлением выше атмосферного	488
<i>Корнев Г.Ю., Плыгалов А.Н., Малкин А.В., Курченко В.Э., Горбунов Д.В.</i>	Методы проверки работоспособности регистраторов, ограничителей и указателей подъемных сооружений	492
<i>Налимова С.В., Колодко В.Н., Демченко С.В., Данилов С.А., Карпова С.А., Корешков В.А.</i>	Прогнозирование ползучести металла трубопроводов	495
<i>Налимова С.В., Колодко В.Н., Демченко С.В., Данилов С.А., Карпова С.А., Маринин В.М.</i>	Основные проблемы экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений	499
<i>Налимова С.В., Колодко В.Н., Демченко С.В., Данилов С.А., Карпова С.А., Маринин В.М.</i>	Методы диагностики зданий и сооружений	502
<i>Налимова С.В., Колодко В.Н., Демченко С.В., Данилов С.А., Карпова С.А., Барминова О.М.</i>	Оценка технических рисков при эксплуатации оборудования тепловых электростанций	504
<i>Маринин В.М., Филяков В.В.</i>	Системы внешнего армирования или усиление строительных конструкций углеволокном	515
<i>Митяков А.Н., Бич А.Н., Лебедев А.Л., Перовский К.Э., Корнев Г.Ю.</i>	Анализ результатов работ по продлению сроков безопасной эксплуатации котлов типа ДКВР	519
<i>Колодко В.Н., Демченко С.В., Налимова С.В., Данилов С.А., Карпова С.А., Беляев Г.С.</i>		522



**Выбор рациональных технических решений при
ремонте и реконструкции рельсовых путей
грузоподъемных кранов**

*Колодко В.Н., Демченко С.В., Налимова С.В.,
Данилов С.А., Карпова С.А., Беляев Г.С.*

**Повышение адгезионной прочности лакокрасочных
покрытий металлоконструкций, как метод
увеличения эксплуатационного ресурса
грузоподъемных кранов**

527

*Колодко В.Н., Демченко С.В., Налимова С.В.,
Данилов С.А., Карпова С.А., Беляев Г.С.*

**Проблемы нормативно-правового регулирования
контрольно-надзорной деятельности за эксплуатацией
лифтов**

530

*Колодко В.Н., Демченко С.В., Налимова С.В.,
Данилов С.А., Карпова С.А., Беляев Г.С.*

**Проект производства работ, как инструмент надежной
и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов**

533

*Колодко В.Н., Демченко С.В., Налимова С.В.,
Данилов С.А., Карпова С.А., Беляев Г.С.*

**Энергосберегающие электропривода переменного тока
подъемно-транспортного оборудования**

536

*Бельшиев В.Н., Тукачѳв А.В., Титов А.А., Ефремова А.А.,
Барминова О.М.*

**Моделирование последствий аварий на АГНКС с
использованием программы ТОКСИ+Risk**

541

ВОЗНИКНОВЕНИЕ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН В НИЖНИХ КОЛЛЕКТОРАХ КОТЛОВ

УДК 67

Борисов В.В.

Морозов Б.П.

Марков М.А.

Золотов В.А.

Технический директор Волжско-Окского филиала ООО
«Промтехэкспертиза»

Начальник отдела ЭПБ объектов котлонадзора, сосудов,
работающих под давлением, тепловых установок и тепловых
сетей

Заместитель начальника отдела ЭПБ объектов котлонадзора,
сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и
тепловых сетей

Заместитель начальника отдела ЭПБ объектов котлонадзора,
сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и
тепловых сетей Волжско-Окского филиала ООО
«Промтехэкспертиза»

02.10.2015

Аннотация. Проведен анализ работы коллекторов экранов и экономайзеров паровых котлов высокого давления, в результате эксплуатации которых происходит образованию трещин, в том числе у трубных отверстий

Барабаны, гибы необогреваемых труб и коллекторы паровых котлов, внутренняя поверхность которых контактирует с водной средой (питательная или котловая вода, пароводяная смесь, насыщенный пар) являются наиболее опасными элементами паровых котлов. В процессе эксплуатации в них могут развиваться трещины того или иного происхождения.

Коллекторы экранов и экономайзеров паровых котлов в процессе эксплуатации могут поражаться трещинами у трубных отверстий (аналогично повреждению барабанов), что может породить серьезные проблемы в связи со сложностью своевременного их обнаружения и мониторинга.

В СССР в 60-70-е годы был выполнен беспрецедентный объем исследований, в которых принимали участие ведущие отраслевые НИИ и наладочные специализированные организации (ЦКТИ, ЦНИИТМАШ,



Рис. 1. Внешний вид радиального отверстия с трещинами.

ВТИ, УралВТИ, ОРГРЭС), заводы-изготовители, службы металлов ТЭС и др. Выяснения причин и предотвращения повреждений коллекторов котлов высокого давления - основная цель исследований, которые охватывали различные стороны известной триады (материал - напряжение - среда), определяющей надежность работы конструкций: усталостные характеристики материала и качество изготовления, напряженно-деформированное состояние в зоне

трубных отверстий при различных эксплуатационных нагрузках, воднохимический режим котла и режимы пусков и остановов. Результаты исследований использовались для решения различных вопросов, возникавших по барабанам, гибам необогреваемых труб котлов и трубопроводов с рабочей температурой до 450°C, коллекторов экранов и экономайзеров, на которых в процессе эксплуатации обнаруживались дефекты коррозионно-усталостного происхождения [4].

Возьмем для примера работу, которую провели специалисты и эксперты Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза» по установлению возможности и срока дальнейшей эксплуатации нижних (промежуточных) коллекторов фронтального экрана котла ТГМ-84Б. По результатам визуального - измерительного контроля внутренней поверхности коллекторов котла были обнаружены коррозионно-усталостные трещины на внутренней поверхности корпуса в кромках отверстий промежуточных коллекторов фронтального экрана котла. Обнаруженные в кромках отверстий дефекты распространяются от кромки как по внутренней поверхности обечайки корпуса (радиально относительно центра отверстия, перпендикулярно кромке), так и по образующей поверхности отверстия (перпендикулярно кромке).

Впервые трещины были обнаружены в 2005 г., при наработке 196189 часов. Коллекторы были допущены к работе без удаления дефектов до следующего капремонта 2008 г., с последующим проведением контроля. Контроль был выполнен в 2008 г. По его материалам была проведена экспертиза промышленной безопасности, по результатам которой эксплуатация коллекторов без устранения трещин была продлена до 2014г. За период работы

коллекторов с 2008г. (215882 ч, 260 пусков) до 2014 г. (249388 ч, 288 пусков) - в течении 33506 ч, 28 пусков, произошло значительное увеличение числа поврежденных отверстий в контролируемой зоне (в 5 - 6 раз), однако максимальная длина трещин осталась практически на одном уровне (3-4 мм).



Рис. 2. Радиальное отверстие с трещинами преимущественно расположенными вдоль коллектора.

Анализ данных контроля металла, характера, расположения и размеров обнаруженных дефектов, результатов расчета циклической долговечности и сопротивления хрупкому разрушению, расчета на статическую прочность с учетом опыта эксплуатации позволяет сделать следующий вывод:

Коллекторы нижних (промежуточных) коллекторов фронтального экрана котла ТГМ-84Б с трещиноподобными дефектами могут эксплуатироваться дальше при проектных рабочих параметрах при следующих условиях:

1. Через каждые 35 000 часов наработки выполнять визуальный - измерительный контроль 100% внутренней поверхности всех коллекторов: включая донышки, участки поверхности обечайки вне отверстий и между ними, кромку и поверхность отверстий и, в доступных пределах,

участки внутренней поверхности штуцеров труб, прилегающие к кромке расточки отверстий под штуцера.

2. Все коллекторы, у которых размеры обнаруженных в кромках отверстий трещиноподобных дефектов как по внутренней поверхности обечайки корпуса, так и по образующей поверхности отверстия, не превышают 11 мм, могут эксплуатироваться дальше при проектных параметрах на условии п.1.

Остальные коллекторы, у которых размеры дефектов в кромках отверстий превышают 11 мм могут быть допущены к эксплуатации при проектных параметрах сроком не более чем 15 000 тыс. ч. После чего они должны быть заменены.



Рис. 3. Внешний вид радиального отверстия с трещинами на вырезке после замены коллектора.

Неотъемлемым признаком типичных трещин, выявляющимся при осмотре изломов, является их многоочаговый характер, обусловленный тем, что трещины развиваются от коррозионных питтингов или язв. Трансформация язв в трещины сопровождается плавным изменением профиля дефектов, фиксируемого при просмотре поперечных шлифов. В качестве численной характеристики этого

профиля в работе используется отношение глубины дефекта к его периметру («коэффициент формы профиля»). Увеличение этого показателя в процессе работы или испытаний означает рост вклада механического (усталостного) фактора в развитие дефектов. Циклический характер нагружения, обусловлен пусками-остановами, гидроиспытаниями и опрессовками котлов.

С учетом особенности повреждаемости коллекторов экранов и экономайзеров, характеризующейся очень большой неравномерностью по разным отверстиям, и видом предельного состояния - выход трещин на поверхности отверстий труб поверхности нагрева за контур приварки штуцера, для предотвращения последнего достаточен их регулярный внутренний осмотр (начиная с определенной наработки). Недопустимыми следует считать непрерывные трещины, распространившиеся от кромки по поверхности отверстия на длину, превышающую удвоенную толщину стенки штуцера.

На основе комплексного анализа результатов контроля металла необогреваемых элементов котлов, лабораторных исследований и прямого наблюдения за развитием удаленных трещин в течение длительных сроков установлены следующие основные закономерности развития типичных трещин в этих элементах:

- зарождение и развитие указанных трещин в течение длительного периода являются первым этапом коррозионной усталости металла;
- из нестационарных температурных режимов эксплуатации котлов наибольший вклад в развитие типичных трещин в коллекторах вносят их заполнения под опрессовку и растопку с превышением



допустимой разности температуры воды и металла; заключительный этап развития типичных трещин, характеризующийся непрерывным увеличением скорости их роста, составляет небольшую долю стадии живучести.

Вывод:

Основным средством обеспечения безопасности необогреваемых элементов котлов, находящихся в эксплуатации, являются индивидуальный или поагрегатный мониторинг, включающий оценку остаточного ресурса объектов по их фактическому состоянию по действующей нормативно-технической документации [1, 2, 3].

Литература

1. РД 10-577-03 Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций.
2. СО 153-34.17.470-2003 Инструкция о порядке обследования и продления срока службы паропроводов сверх паркового ресурса.
3. РД 10-249-98 «Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды».
4. Диссертация: «Обеспечение надежности необогреваемых элементов паровых котлов ТЭС с водной рабочей средой», д.т.н. Балашов Ю.В., 2003г.



О НЕКОТОРЫХ ОШИБКАХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 21474

Борисов В.В.	Технический директор Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Егоров П.А.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Максимов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности
Морозов Б.П.	Начальник отдела, эксперт
Золотов В.А.	Эксперт в области промышленной безопасности Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

02.10.2015

Аннотация. В статье изложены предложения, соблюдение которых обеспечит качество проведения ремонтных работ насосного оборудования.

Ключевые слова: безопасность, авария, ремонт, диагностирование, дефектовка, насос, центробежный, ТЭЦ (теплоэлектроцентраль), пульпа, золошлакоудаление, подшипник, сепаратор, полумуфта, вал, ротор, шпильки, деформация, колесо, фильтр, ГЗУ (гидрозолоудаление), ТР (технический регламент).

Современные ТЭЦ, построенные в советский период, эксплуатируются и в настоящее время. Основное технологическое оборудование ремонтируется и модернизируется с целью улучшения рабочих и экономических показателей. Однако, кроме основного оборудования, станции имеют значительное количество вспомогательного оборудования, которое не оказывает значительного влияния на экономические составляющие производства электроэнергии и тепла, но от него зависит регламентная эксплуатация основного оборудования, а зачастую и его работоспособность. С целью снижения затрат владельцы станций не затрудняют себя обновлением такого оборудования как насосные агрегаты, емкости хранения различных химических компонентов, масел. Такое оборудование меняется по факту выхода из строя, его эксплуатация практически

не контролируется механической службой, не ведется учет отработанного времени.

Одним из элементов, существенно влияющих на надежность работы предприятия, является состояние технологического оборудования, в том числе и вспомогательного. Его стопроцентная готовность и бесперебойная работа обеспечивают регламентный режим работы основного оборудования, вносящего решающий вклад в создание продукции.

Современные насосы самых различных типов и фирм производителей надёжны и долговечны, однако, как и любому сложному технологическому оборудованию, ему свойственно приходиться в неисправность по ряду причин.

Поскольку данное оборудование является весьма дорогостоящим и в случае поломки, когда речь не идет о

разрушении, механические службы проводят ремонт своей ремонтной службой. Предприятия также заключает договора с сервисными центрами и компаниями, заводами – изготовителями, имеющими многолетний опыт работы в этой сфере деятельности.

Ремонтные работы включают в себя – диагностику, разборку, дефектовку, замену изношенных узлов и деталей, сборку и т.д. На основной массе крупных предприятий специализированные ремонтные службы выведены на аутсорсинг, либо работают по договорам на обслуживание и ремонт. Ремонтные бригады таких предприятий в основном представляют собой персонал из сменных слесарей для поддержания оборудования в работоспособном состоянии и не квалифицированы для проведения серьёзных ремонтов. Поэтому, при необходимости ремонта насосного оборудования, следует обратиться к специалистам и получить должную квалифицированную и оперативную помощь.

Ремонтные бригады, не в состоянии квалифицированно выполнить ремонт, основываясь на причинах выхода из строя оборудования, то есть проведя, говоря юридическим языком, собственное расследование.

В качестве примера рассмотрим выход из строя центробежного насоса консольного типа марки 1ГРТ 1600/50, багерной насосной установки ТЭЦ, используемого для подачи золошлаковой пульпы из системы гидрозолоудаления на золоотвал. Данный насос подвергался ремонту силами ремонтных служб ТЭЦ.

Общие сведения о насосе:

- завод изготовитель: МЕТАБ, г. Челябинск, Россия,
- год изготовления: 2014г.,
- дата ввода в эксплуатацию: декабрь 2014г.,

- производительность: 1600 м³ /час,
- напор: 50м,
- мощность приводного электродвигателя: 250кВт, число оборотов: 750об/мин,
- соединительная муфта: втулочно-пальцевая,
- насос смонтирован на железобетонном фундаменте в полуподвальном отапливаемом помещении ТЭЦ,
- год монтажа: 2014г.,
- ввод в эксплуатацию: декабрь 2014г.



Рис. 1. Общий вид насоса.

В феврале 2015 года в процессе эксплуатации произошло аварийное отключение насоса по причине разрушения подшипника вала насоса со стороны полумуфты. При участии представителя завода-изготовителя, на основании гарантийных обязательств, была произведена разборка насоса. По результатам дефектовки насоса 24.03.2015 г. был составлен акт осмотра. Комиссией при участии представителя завода-изготовителя установлено, что аварийное отключение насоса произошло в результате заклинивания вала насоса по причине разрушения сепаратора подшипника № 1027336 вала насоса со стороны полумуфты. Завод - изготовитель, на основании гарантийных обязательств, произвел поставку новой валовой линии в сборе с подшипниками и

рабочим колесом. На основании вышеуказанного акта сборка насосного агрегата должна производиться по согласованию сторон, то есть условия сборки и исполнитель документально не оговаривались. Сборка насосного агрегата производилась силами ремонтной службы ТЭЦ.

Насосный агрегат 1ГРТ 1600/50 вновь введен в эксплуатацию после выполнения ремонта 30.04.2015 г. Акт о качестве проведенного ремонта и испытаний не оформлялся.

Через три дня, 02.05.2015 г. насосный агрегат 1ГРТ 1600/50 был аварийно выведен из эксплуатации по факту заклинивания вала насоса.

08.05.2015 при участии представителя завода-изготовителя, на основании гарантийных обязательств, была произведена разборка насоса. По результатам дефектовки 08.05.2015г. был составлен акт осмотра, комиссией, при участии представителя завода-изготовителя установлено, что аварийное отключение насоса произошло в результате заклинивания рабочего колеса насоса на корпус насоса, вызванное смещением блока рабочее колесо - вал - подшипниковые узлы, по причине разрушения (срезания витков резьбы) резьбовых соединений крепления задней гильзы и крышки подшипника к корпусу насоса (произошло срезание резьбы в чугунном корпусе насоса на всех четырех отверстиях М20), вал насоса сместился в сторону электродвигателя, разрушив втулочно-пальцевую муфту, кроме того, произошло «приваривание» вала насоса к валу электродвигателя при его нагреве в процессе трения. Произошла утечка масла из подшипникового узла насоса из-за смещения крышки. Представитель завода-изготовителя в качестве причины выхода из строя насосного агрегата называет нарушение режима эксплуатации.

На основании выводов своего представителя, о неправильной эксплуатации, завод-изготовитель принял решение о снятии гарантийных обязательств, применяемых к данному насосу.

Причины аварийной остановки насоса в феврале 2015 года не подлежат озвучиванию в связи с отсутствием информации о возможных причинах выхода из строя подшипника насоса. Подшипник не сохранился. Оставим данный вопрос на компетентности представителя завода-изготовителя, проводившего дефектовку.

Рассмотрим другую сторону вопроса, оценив причины вторичного выхода из строя насоса.

В результате заклинивания ротора, в феврале 2015 года, и течи масла задней торцевой крышки со стороны полумуфты насоса (течь масла со стороны задней торцевой крышки отмечена в акте осмотра от 24.03.2015 г.) была нарушена целостность резьб крепежных шпилек в литом чугунном корпусе и верхней крышке насоса. При ремонте насоса в апреле 2015 года состояние внутренних резьб не проверялось, крепежные шпильки на ремонтные не заменены.



Рис. 2. Задняя часть насоса (со стороны электродвигателя). Крышка смещена.

Таким образом, аварийное отключение насоса 02.05.2015г.

произошло в результате заклинивания вала насоса по причине разрушения резьбовых соединений крепления задней гильзы подшипника к корпусу насоса и верхней крышке, потерявших свою несущую способность в результате срезания номинального профиля витков резьбы в корпусе насоса, и деформации (выглаживания) резьбы шпилек.



Рис. 3. Крепежные шпильки.

Мнение представителя завода-изготовителя о неправильной эксплуатации насоса, в качестве причины выхода из строя считаем несостоятельным, так как при используемой схеме включения багерного насоса, нарушение режима эксплуатации, без отключения всей системы ГЗУ, невозможно. Попадание посторонних предметов исключено наличием фильтра на всасе насоса и отсутствием посторонних предметов при снятии передней крышки насоса и осмотре состояния рабочего колеса.

Причиной аварийного отключения насоса 02.05.2015г. считаем некачественно выполненный

восстановительный ремонт насоса и ввод его в эксплуатацию с ослабленными резьбовыми соединениями крепления задней крышки подшипника к корпусу насоса и верхней крышке.

Следствием чего и стало их разрушение, что привело к осевому сдвигу и заклиниванию ротора насоса, разрушению полумуфты приваривание вала насоса к валу электродвигателя.

Для исключения подобных ситуаций следовало выполнить ремонтные работы в соответствии с [3], а именно составление качественной ведомости дефектов по результатам обследования. Именно в соответствии с [3], уточняются объёмы работ, потребность в материалах, запасных частях, механизмах и приспособлениях, распределяются работы по исполнителям.

Применительно к данному насосному агрегату ни владельцем насоса, ни заводом изготовителем (насосный агрегат находился на гарантийном обслуживании) не была оформлена ремонтная документация, приемочные испытания также не проведены.

Машины и оборудование (насосные агрегаты), применяемые на опасном производственном объекте должны соответствовать требованиям [2].

Техническое и ремонтное обслуживание насосных установок выполнять согласно разделу 10 [6].

Характерные неисправности насосов и меры их устранения приведены в разделе 5 [7].

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. (ТР ТС 010/2011) Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования».



3. Общие технические условия по ремонту центробежных насосов. УО 38.12.018 – 94 г. Волгоград 1995 г.
4. ОСТ 26-06-2028–96 «ССБТ Насосы общепромышленного назначения. Требования безопасности».
5. «Нормы межремонтных периодов, структура ремонтных циклов и содержание работ по видам ремонта машинного оборудования предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности». – Волгоград: ВНИКТИ нефтехимоборудования. 1987.
6. 6.СТО 70238424.27.080.001-2009 Насосные установки ТЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования.
7. РД 34.27.501-91 Типовая инструкция по эксплуатации систем гидрозолоудаления тепловых электростанций.

НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ БАШЕННЫХ КРАНОВ

УДК 62-219.4

Пидгирец В.Н.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств

Шаврин К.А.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств Северо-Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

05.10.2015

Аннотация. В статье изложены обоснования необходимости проведения акустико-эмиссионного метода контроля состояния металлоконструкции флюгеров башенных кранов.

Ключевые слова: безопасность, образование дефектов, концентраторы напряжения, флюгер, трещина, акустико-эмиссионный метод контроля.

На сегодняшний день башенные краны (ПК) являются техническими устройствами, применяемыми на опасном производственном объекте. От состояния металлоконструкций расчетных элементов металлоконструкций крана зависит срок его безопасной эксплуатации.

В данной статье речь пойдет о диагностике флюгеров башенных кранов (ПК) в ходе экспертизы промышленной безопасности.

Определение технического состояния расчетных элементов металлоконструкций крана при техническом диагностировании в части экспертизы промышленной безопасности специалисты экспертных групп начинают с определения зон, работающих в наиболее напряженных условиях, где возможно образование дефектов. Основанием для определения опасных зон башенных кранов являются такие Руководящие нормативные документы как РД 10-112-3-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы». Часть 3. Башенные,

г) отверстия: с необработанными кромками, прожженные, заваренные;

стреловые самоходные и мачтовые краны, краны-лесопогрузчики [3].

Согласно вышеуказанным методическим указаниям, обследованию подлежат концентраторы напряжений:

а) элементы с резким перепадом поперечных сечений (рис. 1)

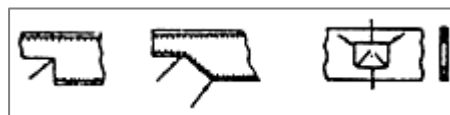


Рис. 1.

б) узлы прикрепления раскосов, стоек, диагоналей, связей косынок к поясам (рис. 2);

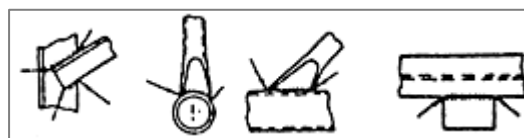


Рис. 2.

в) места окончания накладок, ребер (проушин) (рис. 3);



Рис. 3.

д) места пересечения сварных швов и их окончания (рис. 4, а), начало и

окончание прерывистых швов (рис. 4, б);

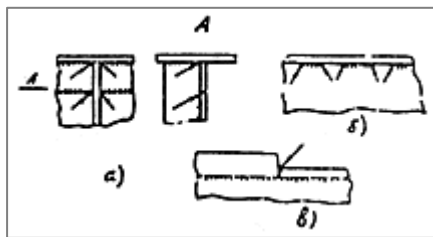


Рис. 4.

е) перепады в толщинах (высотах) стыкуемых листов (элементов) (рис. 4, в);

ж) технологические дефекты сварных (и, в первую очередь, ремонтных) швов: подрезы, прожоги, перерывы в швах, незаваренные кратеры, резкие переходы от наплавленного металла к основному, чрезмерное усиление сварного шва (валика), незаполненность (неполномерность) шва (рис. 5);

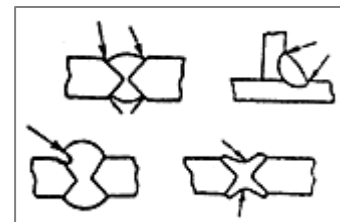


Рис. 5.

з) места повторной заварки трещин в сварных швах или по основному металлу.

На практике в ходе обследования ПС установлено, что в рекомендациях Руководящих нормативных документов недостаточное внимание уделяется неразрушающему контролю флюгеров башенных кранов.

Так при техническом диагностировании башенных кранов РД 10-112-3-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы». Часть 3. Башенные, стреловые самоходные и мачтовые краны, краны-лесопогрузчики [3] в приложении ГЗ.

Табл. 1. «Основные характерные повреждения металлических конструкций кранов»
рекомендуется метод контроля состояния флюгеров – осмотр.

Неисправность, вид повреждения, дефект		Метод контроля
Описание (признаки)	Эскиз	
<p>ГЗ-1.4. Трещины в сварных швах, околшововой зоне и по основному металлу:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ соединения нижнего пояса со стенкой; ▪ в местах окончания накладки; ▪ в вертикальной стенке; ▪ соединение ребра с нижним поясом. 		Осмотр

В практике имеется случай поломки опоры вдоль сварочного шва, что привело к падению башенного крана. При внимательном осмотре места разрыва металла не обнаружено явных

признаков наружных трещин т.е. потемнения металла, коррозии и т.п., причем разрыв прошел рядом со сварочным швом по металлу т.е. ВИК не дает достоверного результата в

выявлении дефектов снижающих прочность расчетных элементов крана.



Рис. 6. Сломанный флюгер башенного крана.



Рис. 7. Сломанный флюгер башенного крана.

Инцидент произошел с башенным краном КБ-405 на строительной площадке строящегося жилого дома в г. Нижневартовске в 2000г. Краном производилась разгрузка стальной арматуры из кузова автомобиля. При подъеме упаковки стальной арматуры стрела крана была расположена над флюгером не выдержавшим нагружения. Данный башенный кран отработал менее 6 месяцев после проведения технического диагностирования в части экспертизы промышленной безопасности.

По результатам ВИК трещин в металле флюгеров не обнаружено.

В РД 10-112-2-09 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы» Часть 2. Краны стреловые самоходные общего назначения [4] Приложение 7 рекомендуются следующие методы неразрушающего контроля: магнитографический метод, капиллярный метод, магнитопорошковый метод, вихретоковый метод. Данные методы требуют значительных трудозатрат на подготовку контролируемой детали но не дают полных результатов по развивающимся дефектам внутри структуры металла.

Рекомендуем проводить контроль состояния флюгеров акустико-эмиссионным методом контроля. Источниками импульсной АЭ являются процессы развития трещин, протекание пластической деформации и т.п., а также, процессы, связанные с наличием дефектов - трение берегов трещины, разрушение продуктов коррозии в полости трещины, разрушение и отслоение шлаковых включений [5] п. 4.3. СДОС-08-2012 «Методические рекомендации о порядке проведения акустико-эмиссионного контроля металлических конструкций грузоподъемных кранов стрелового типа». Данный метод позволит выявить развивающиеся дефекты в металлоконструкции флюгеров, что в свою очередь повысит точность прогнозирования дальнейшей работоспособности ПС.

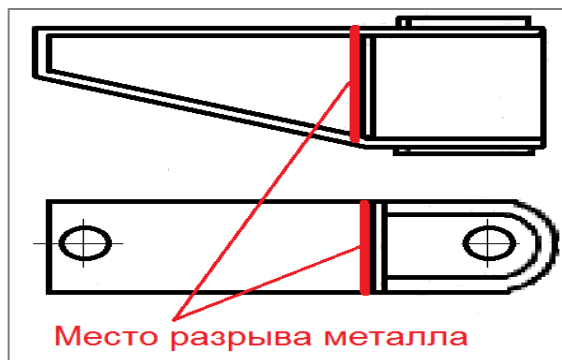


Рис. 8. Схема расположения разрыва металла на опоре (флюгере) башенного крана.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 04.03.2013).
2. РД 10-112-1-04 «Рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Общие положения».
3. РД 10-112-3-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы». Часть 3. Башенные, стреловые несамоходные и мачтовые краны, краны-лесопогрузчики.
4. РД 10-112-2-09 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы» Часть 2. Краны стреловые самоходные общего назначения.
5. СДОС-08-2012 «Методические рекомендации о порядке проведения акустико-эмиссионного контроля металлических конструкций грузоподъемных кранов стрелового типа».



НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ УСТАНОВЛЕННЫХ НА АГРЕГАТАХ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

УДК 62-231

Пидгирец В.Н.
Шаврин К.А.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств
Эксперт отдела экспертизы технических устройств Северо-
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

05.10.2015

Аннотация. В статье изложены обоснования необходимости проведения неразрушающих методов контроля состояния деталей тормозных механизмов, установленных на агрегатах подъемных сооружений.

Ключевые слова: безопасность, образование дефектов, концентраторы напряжения, регулировочная тяга, трещина, неразрушающий метод контроля.

На сегодняшний день грузоподъемные краны являются техническими устройствами, применяемыми на опасном производственном объекте (далее – ОПО). От состояния деталей и узлов тормозных механизмов крана зависит срок его безопасной эксплуатации. Организация, эксплуатирующая ОПО, обязана обеспечивать проведение экспертизы промышленной безопасности технических устройств, применяемых на ОПО, а также проводить диагностику, испытания, освидетельствование таких технических устройств в установленные сроки и по предъявляемому в установленном порядке предписанию федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности, или его территориального органа – статья 9 Федерального закона от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1].

Экспертизу промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, согласно РД 10-112-1-04 «Рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин.

Общие положения» п.3.1. [2] экспертное обследование (техническое диагностирование) ГПМ рекомендуется проводить в следующих случаях:

- по окончании срока службы;
- после аварии грузоподъемной машины (при необходимости ее восстановления);
- при выявлении в процессе эксплуатации грузоподъемной машины дефектов;
- вызывающих сомнение в прочности конструкции, или дефектов, причину которых;
- установить затруднительно.

В настоящее время при проведении технического диагностирования в части экспертизы промышленной безопасности грузо-подъемных кранов (ПК) специалисты экспертных групп при определении зон, работающих в наиболее напряженных условиях, где возможно образование дефектов, руководствуются рекомендациями из Руководящих нормативных документов таких как РД 10-112-3-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы». Часть 3. Башенные, стреловые несамходные и



мачтовые краны, краны-лесопогрузчики [3]. РД 10-112-5-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы». Часть 5. Краны мостовые и козловые [5] и прочие.

В данной статье речь пойдет о диагностике тормозных механизмов грузоподъемных кранов в ходе экспертизы промышленной безопасности.

Согласно РД 10-112-5-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы». Часть 5. Краны мостовые и козловые [5], диагностика тормозов проводится с помощью визуально-измерительного контроля (далее - ВИК) описываемых в таблице 1.

Табл. 1. Параметры элементов сборочных единиц крана, подвергаемые контролю при проведении работ по обследованию кранов мостового типа.

Сборочная единица (узел) крана и проверяемые параметры	Вид дефекта, при котором дальнейшая эксплуатация элемента не допускается	Вид контроля, необходимые средства для выполнения контроля
Тормоз		
а) состояние пружины	наличие поломок	внешний осмотр
б) наличие смазки в шарнирных соединениях	отсутствие выступания смазки на выходе шарниров	внешний осмотр
в) тормозная обкладка	износ более 50 % первоначальной толщины; наличие трещин	штангенциркуль, линейка измерительная
г) длина хода штока	больше установленной паспортной предельной величины	штангенциркуль, линейка измерительная
д) крепление тормоза	отсутствие отдельных крепежных изделий или ослабление их затяжки	внешний осмотр и ключи необходимых размеров
е) состояние гидротолкателя или электромагнита	отсутствие жидкости, течь жидкости через уплотнения в корпусе гидротолкателя; заедания при срабатывании; наличие обрыва фазы	внешний осмотр, ключи необходимых размеров, универсальный электроизмерительный прибор

Согласно РД 10-112-3-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы». Часть 3. Башенные, стреловые несамходные и мачтовые краны, краны-лесопогрузчики

[3], диагностика тормозов проводится также с помощью ВИК описываемых в таблице 2.

Табл. 2. Основные характерные дефекты и повреждения механизмов, канатно-блочных систем и других узлов.

Контролируемый узел (элемент)	Показатель дефекта, при котором дальнейшая эксплуатация не допускается	Вид контроля, применяемые средства
а) тормозной шкив	трещины	осмотр
	износ рабочей поверхности - 25% толщины обода	осмотр, штангенциркуль
	радиальное биение D/1400 (D - диаметр шкива)	индикатор
б) тормозные колодки	трещины и обломы	осмотр
	износ	осмотр, штангенциркуль
	посередине - до появления заклепок по краям - 3 мм	

В ходе расследования инцидентов, связанных с эксплуатацией подъемных сооружений, выявлено образование дефекта детали тормозного механизма, не определяемого ВИК, но ведущего к аварии подъемного сооружения. Таким дефектом является поломка регулировочной тяги, соединяющей рычаги тормозных колодок (рис. 1). При поломке указанной детали тормозной механизм мгновенно выходит из строя, что может привести к значительному ущербу.



Рис. 1. Место излома регулировочной тяги тормоза стреловой лебедки.



Рис. 2. Место излома регулировочной тяги тормоза стреловой лебедки.

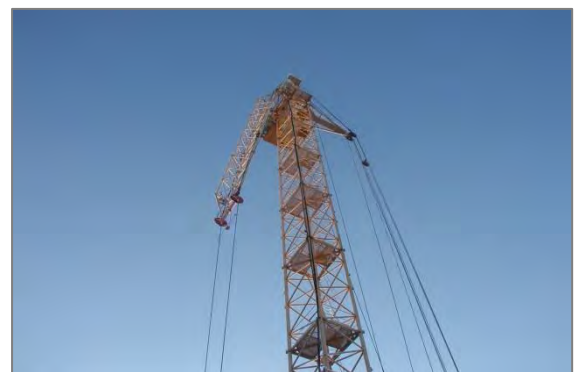


Рис. 3. Общий вид крана с упавшей стрелой.

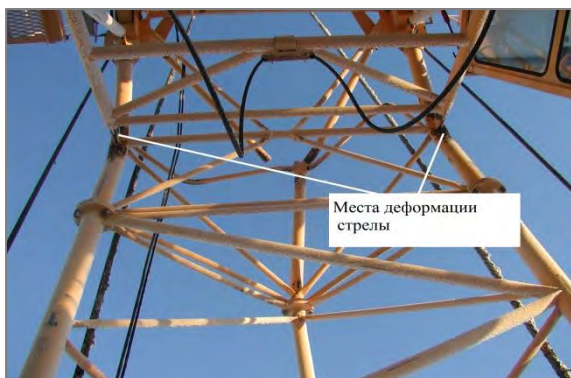


Рис. 4. Место деформации стрелы.

Инцидент произошел с башенным краном на строительной площадке строящегося торгового центра в г. Нижневартовске в 2000г. Краном производились разгрузочно-погрузочные работы.

Для снижения вероятности повторения подобных инцидентов и в целях выявления развивающихся дефектов в деталях тормозного механизма предлагается в ходе

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015).
2. РД 10-112-1-04 «Рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Общие положения».
3. РД 10-112-3-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы». Часть 3. Башенные, стреловые несамходные и мачтовые краны, краны-лесопогрузчики.
4. РД 10-112-2-09 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы» Часть 2. Краны стреловые самоходные общего назначения.
5. РД 10-112-5-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы». Часть 5. Краны мостовые и козловые.

технического диагностирования ПС проводить неразрушающий контроль регулировочной тяги тормозного механизма методами выявляющими развитие дефектов в местах, указанных на рисунке 5.

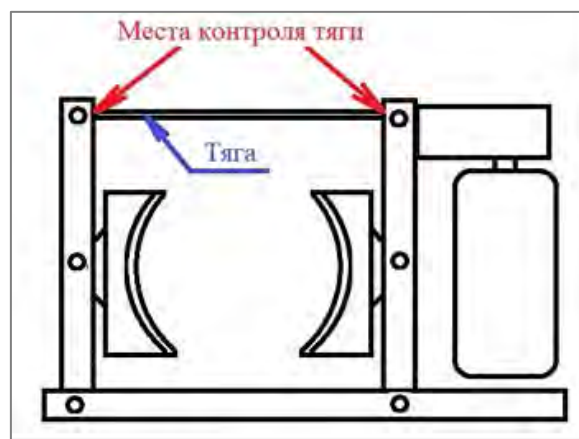


Рис. 5. Тормозной механизм грузоподъемных кранов.



ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

УДК 69.059

Маринин В.М.

Эксперт в области промышленной безопасности Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Филяков В.В.

Эксперт в области промышленной безопасности Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

06.10.2015

Ключевые слова: промышленная безопасность, взрывоустойчивость зданий и сооружений, экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений.

Экспертиза промышленной безопасности – это оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности.

Объектами экспертизы промышленной безопасности являются:

- документация на консервацию, ликвидацию опасного производственного объекта;
- документация на техническое перевооружение опасного производственного объекта в случае, если указанная документация не входит в состав проектной документации такого объекта, подлежащей экспертизе в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности;
- технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, в случаях, установленных статьей 7 настоящего Федерального закона;
- здания и сооружения на опасном производственном объекте, предназначенные для осуществления технологических процессов, хранения сырья или продукции, перемещения людей и грузов, локализации и ликвидации последствий аварий;
- декларация промышленной безопасности, разрабатываемая в

составе документации на техническое перевооружение (в случае, если указанная документация не входит в состав проектной документации опасного производственного объекта, подлежащей экспертизе в соответствии с законодательством о градостроительной деятельности), консервацию, ликвидацию опасного производственного объекта, или вновь разрабатываемая декларация промышленной безопасности;

- обоснование безопасности опасного производственного объекта, а также изменения, вносимые в обоснование безопасности опасного производственного объекта.

Экспертиза зданий и сооружений на опасном производственном объекте, предназначенных для осуществления технологических процессов, хранения сырья или продукции, перемещения людей и грузов, локализации и ликвидации последствий аварий, проводится при наличии соответствующих требований промышленной безопасности к таким зданиям и сооружениям.

Эти здания подлежат экспертизе:

- в случае истечения срока эксплуатации здания или сооружения, установленного проектной документацией;

- в случае отсутствия проектной документации, либо отсутствия в проектной документации данных о сроке эксплуатации здания или сооружения;
- после аварии на опасном производственном объекте, в результате которой были повреждены несущие конструкции данных зданий и сооружений;
- по истечении сроков безопасной эксплуатации, установленных заключениями экспертизы;
- при возникновении сверхнормативных деформаций здания или сооружения. [2, п.7]

Оценка технического состояния выполняется в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности.

В ходе экспертизы выявляются нарушения, которые могут привести к авариям и взрывам.

Одна из основных задач промышленной безопасности зданий и сооружений обеспечение взрывобезопасности при эксплуатации здания и его взрывоустойчивости, если взрыв все же произошел.

Взрывоустойчивость – способность технологического оборудования, строительных конструкций, транспортных средств, энергетических систем и линий связи противостоять поражающему воздействию взрыва»

Взрывоустойчивость здания – это сохранность несущих конструкций здания после взрыва –стен, колонн, ферм и балок. Разрушаться должны только легкобросываемые конструкции (ЛСК) – как правило, это окна и, реже, покрытие специальной конструкции.

Это возможно при наличии в стенах или покрытии проемов требуемых размеров. Согласно [3, п.78-81;4, п.36], в помещениях должны быть оконные проемы размером 0,03м² или 0,05м² (в

зависимости от категории, А или Б) на 1м³ объема помещения.

Разумеется, имеет значение, чем заполнены проемы. Стеклоблоки, стеклопакеты, поликарбонат и армированное стекло к легкобросываемым конструкциям не относятся [3,4,5].

При недостаточной площади остекления допускается в качестве ЛСК использовать конструкции покрытий из стальных, алюминиевых и асбестоцементных листов (шифер), эффективного утеплителя и другие конструкции из облегченных материалов (профильный металлический лист и т.д.), вскрывающиеся или разрушающиеся при избыточном давлении внутри помещения не более 2 кПа (200 кгс/м²) [3, п.80].

Порядок проведения экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений регламентируется [1,2].

Экспертизу проводят организации, имеющие лицензию на деятельность по проведению экспертизы промышленной безопасности, за счет средств заказчика на основании договора [2, п. 15].

Экспертизу промышленной безопасности здания или сооружения должны проводить аттестованные специалисты – эксперты с помощью специально предназначенного для таких целей диагностического оборудования, используемого при проведении различных замеров.

Необходимо обратить внимание на то, что организация, проводящая такую экспертизу промышленной безопасности зданий и сооружений, должна иметь не только лицензию на проведение такой экспертизы, но и обязательно в своем штате аттестованных экспертов. Согласно ст. 9 [2] к экспертам применяется следующая линейка требований: наличие высшего образования; аттестация в области промышленной безопасности по области аттестации, соответствующей объекту



экспертизы; стаж работы не менее пяти лет в соответствующей области аттестации требований промышленной безопасности; знание законодательных актов, нормативных правовых актов Российской Федерации, технических документов по вопросам экспертизы, промышленной безопасности опасных производственных объектов, связанных с объектами экспертизы, используемых средствах измерений, испытательного оборудования, методов технического диагностирования технических устройств и обследований зданий и сооружений.

Правильно выполненная экспертиза безопасности зданий и сооружений позволяет оценить их соответствие предъявляемым к зданиям и сооружениям требованиям промышленной безопасности.

В ходе экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений в обязательном порядке осуществляются следующие мероприятия:

1. Проверка документации относящейся к объекту экспертизы.

Перечень технической документации, используемой при обследовании, включает:

- паспорт на здание (сооружение);
- комплект общестроительных чертежей с указанием всех изменений, внесенных при производстве работ, и отметок о согласовании этих изменений с проектной организацией, разработавшей проект;
- акты приемки здания (сооружения) в эксплуатацию с указанием недоделок, акты устранения недоделок;
- акты приемочных испытаний, проведенных в процессе эксплуатации;
- технический журнал по эксплуатации здания (сооружения);
- акты на скрытые работы и акты промежуточной приемки отдельных

ответственных конструкций;

- журналы производства работ и авторского надзора;
- материалы геодезических съемок;
- журналы контроля качества работ;
- сертификаты, технические паспорта, удостоверяющие качество конструкций и материалов;
- акты противокоррозионных и окрасочных работ;
- акты результатов периодических осмотров конструкций;
- акты расследования аварий и нарушений технологических процессов, влияющих на условия эксплуатации здания (сооружения);
- отчеты, документы и заключения специализированных организаций о ранее выполненных обследованиях;
- документы о текущих и капитальных ремонтах, усилениях конструкций;
- документы, характеризующие фактические параметры внутри цеховой среды (состав и концентрация газов, влажность, температура, тепло- и пылевыведение и т.д.);
- отчеты по инженерно-геологическим условиям территории, на которой расположено здание (сооружение).

2. Оценка соответствия здания и оборудования нормативно установленным требованиям промышленной безопасности, такие как наличие молниезащиты, вентиляции, аспирации, пожарной сигнализации, тамбур-шлюзов и второго эвакуационного выхода. У оборудования также должны быть в наличии протоколы проверки работоспособности и эффективности, как правило, ежегодно обновляемые.

3. Обследование зданий и сооружений, в ходе которого выявляются дефекты и повреждения элементов конструкций; уточняются прогнозируемые и фактические нагрузки; определяются физические свойства материалов конструкций и т.д.



4. Анализ результатов обследования со ссылками на нормативные акты.

5. Составление рекомендаций по результатам экспертизы промышленной безопасности.

6. Составление и оформление отчетных документов и приложений.

7. Выдача заключения экспертизы. В заключении должен быть один из трех выводов о соответствии здания требованиям промышленной безопасности:

- здание соответствует требованиям экспертизы промышленной безопасности;
- здание не в полной мере соответствует требованиям экспертизы промышленной безопасности с указанием мероприятий, после проведения которых здание или сооружение будет соответствовать требованиям экспертизы промышленной безопасности;
- здание не соответствует требованиям экспертизы промышленной безопасности;

8. Регистрация заключения экспертизы промышленной безопасности.

По полученным результатам составляют заключение экспертизы промышленной безопасности, в том числе:

- 1) титульный лист с указанием наименования заключения экспертизы;
- 2) вводную часть, включающую:
 - основание для проведения экспертизы;
 - сведения об экспертной организации (наименование организации, организационно-правовая форма организации, адрес местонахождения, номер телефона, факса, дата выдачи и номер лицензии на деятельность по проведению экспертизы промышленной безопасности);

- сведения об экспертах (образование, стаж работы по специальности, сведения об аттестации на знание специальных требований промышленной безопасности, установленных нормативными правовыми актами);

3) перечень объектов экспертизы, на которые распространяется действие заключения экспертизы;

4) данные о заказчике (наименование организации, организационно-правовая форма организации, адрес местонахождения);

5) цель экспертизы;

6) сведения о рассмотренных в процессе экспертизы документах с указанием объема материалов, имеющих шифр, номер, марку или другую индикацию, необходимую для идентификации;

7) краткую характеристику и назначение объекта экспертизы;

8) результаты проведенной экспертизы со ссылками на положения нормативных правовых актов в области промышленной безопасности, согласно которым проводилась оценка соответствия объекта экспертизы требованиям промышленной безопасности;

9) выводы заключения экспертизы;

10) приложения, содержащие перечень использованных при экспертизе нормативных правовых актов в области промышленной безопасности, технической документации, актов испытаний и обследований, технических отчетов [2, п. 26].

В заключение экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений дополнительно приводятся оценка и прогноз технического состояния, включающие определение остаточного срока службы с отражением в выводах заключения экспертизы установленного срока и условий



дальнейшей безопасной эксплуатации объекта.

Оформленное в соответствии с требованиями Ростехнадзора положительное заключение экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений передается для регистрации в Федеральную службу по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Срок проведения экспертизы определяется сложностью объекта экспертизы, но не должен превышать трех месяцев с момента получения экспертной организацией от заказчика экспертизы комплекта необходимых материалов и документов в соответствии с договором на проведение экспертизы.

Некоторые рекомендации после проведения экспертизы промышленной безопасности для достижения соответствия нормативным требованиям требуют значительных капиталовложений, особенно у зданий, построенных в 1970-е и 1980-е годы.

Для таких случаев, когда выполнение рекомендаций по легкосбрасываемым конструкциям за несколько месяцев невозможно по финансовым причинам, целесообразно составить график выполнения мероприятий по обеспечению безопасной эксплуатации зданий, указанных в последней экспертизе промышленной безопасности. В этом графике выполнение мероприятий должно быть расписано на какой-то период, сообразно финансовым возможностям владельца

предприятия. Также желательно согласовать этот график с инспектором Ростехнадзора.

В дальнейшем при выполнении мероприятий составляется акт, в котором отражается дата выполнения мероприятия, содержание работ и исполнитель.

Этот акт впоследствии предъявляется эксперту, подписавшему заключение и инспектору Ростехнадзора. Экспертиза считается законченной при выполнении всех рекомендаций в заключении экспертизы промышленной безопасности.

Безопасная эксплуатация опасных производственных объектов предполагает соблюдение набора правил, установленных основными документами по промышленной безопасности [1].

Однако не каждый руководитель может уверенно сказать, что на предприятии соблюдаются все правила безопасной эксплуатации опасных производственных объектов. Для этого требуется знание нормативной литературы с учетом последних изменений.

Проведение экспертизы промышленной безопасности позволяет руководителю предприятия быть в курсе состояния промышленной безопасности на предприятии и вовремя принимать оперативные и стратегические решения для предотвращения несчастных случаев при эксплуатации опасных производственных объектов.

Литература

1. Федеральный закон от 20.06.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (действующая редакция от 13.07.2015г.).
2. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 ноября 2013 г. № 538 «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности».
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и



- переработки растительного сырья». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21.11.2013 № 560.
4. Технический регламент о безопасности сетей газораспределения и газопотребления. Утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 29 октября 2010г. N 870.
 5. СП 56.13330.2011 Производственные здания.
 6. СП 89.13330.2012 Котельные установки.



ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЯЗАТЕЛЬНОМУ КОНТРОЛЮ РАБОТЫ ХРАПОВОГО МЕХАНИЗМА СТРЕЛОВОЙ ЛЕБЕДКИ КРАНОВ-ТРУБОУКЛАДЧИКОВ ТО -1224

УДК 62-231

Пидгирец В.Н.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств

Шаврин К.А.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств Северо-Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

06.10.2015

Аннотация. В статье изложены обоснования необходимости обязательного контроля исправности храпового механизма стреловой лебедки кранов-трубоукладчиков ТО-1224.

Ключевые слова: безопасность, храповой механизм, регулировка, зацепление.

В настоящее время в обслуживании объектов нефтяной и газовой промышленности широкое распространение получили краны-трубоукладчики. Этому способствовало их высокая мобильность в условиях отдаленных месторождений, простота конструкции и обслуживания узлов и агрегатов.

Безопасной эксплуатации кранов-трубоукладчиков уделялось отдельное внимание со стороны Ростехнадзора до 2014 года требовавшего выполнение требований Правил ПБ 10-157-97 «Правила устройства и безопасной эксплуатации кранов-трубоукладчиков» [3].

Действовали РД СеМаК-001-98. «Методические указания по комплексному обследованию кранов-трубоукладчиков с истекшим сроком службы» [4] при проведении экспертизы промышленной безопасности. Эта система мероприятий была направлена на контроль эксплуатирующих организаций в части обеспечения безопасной эксплуатации кранов-трубоукладчиков и в свою очередь снижала вероятность возникновения инцидентов на опасных производственных объектах нефтяной и

газовой промышленности.

Согласно ФНП "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения" (Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 N 30992) краны-трубоукладчики не подлежат регистрации в органах Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (п.148) и экспертиза промышленной безопасности кранов-трубоукладчиков не проводится (п. 264) [2].

В предприятиях эксплуатирующих краны-трубоукладчики моделей типа ТО-1224 имеющих механический привод лебедок высока вероятность возникновения инцидентов связанных с недостаточным контролем исправности механизмов безопасности. Отмена регистрации и экспертизы промышленной безопасности кранов-трубоукладчиков снизило уровень внешнего контроля за осуществлением производственного контроля в предприятиях эксплуатирующих краны-трубоукладчики, что в свою очередь снизило уровень обеспечения безопасной эксплуатации кранов-трубоукладчиков.

В устройстве стреловой лебедки имеется храповой механизм предотвращающий самопроизвольное опускание стрелы при недостаточном удерживающем моменте ленточного тормоза который может проявиться при попадании влаги на тормозной барабан во время дождя или снегопада. Храповой механизм (см. схему) не препятствует вращению барабана в направлении I при подъеме стрелы (уменьшении вылета крюка), а при вращении барабана в направлении II при опускании стрелы (увеличении вылета крюка) автоматически останавливает вращение барабана (запирает фиксатор в храповом колесе), что в дополнение к фрикционному тормозному механизму (фрикционной ленте) служит надежному предотвращению самопроизвольного опускания стрелы

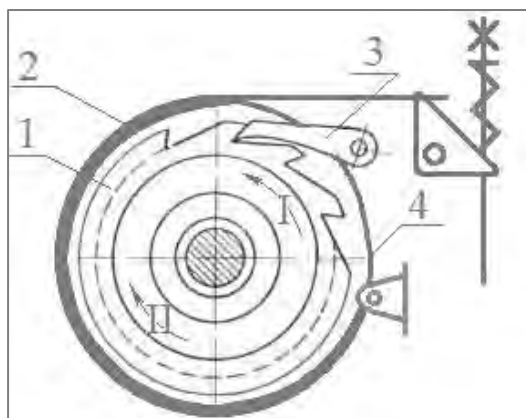


Рис. 1. Принципиальная схема тормозного механизма крана-трубоукладчика типа ТО-1224.

- 1 – храповое колесо;
- 2 – тормозная фрикционная лента;
- 3 – фиксатор храпового механизма;
- 4 – тормозной барабан;
- I – направление вращения барабана при подъеме стрелы;
- II – направление вращения барабана при опускании стрелы.

Однако при всей очевидной важности работы храпового механизма он создает значительное неудобство управления машинисту крана, так как

при выполнении работ связанных с частым изменением вылета стрелы во время работы крана-трубоукладчика необходимо управлять храповым механизмом. Дополнительно при своей простоте конструкции храповой механизм требует постоянного контроля регулировок из-за конструктивной ненадежности привода.

В связи с тем, что работа тормозного механизма довольно надежна, а регулировка тормозного момента не сложна при проведении ТО проверка работоспособности храпового механизма уделяется недостаточно внимания.

Инцидент произошел с краном-трубоукладчиком ТО-1224 на кустовой площадке Самотлорского месторождения в г. Нижневартовске в 2011г. Травмирование стропальщика падающей стрелой произошло из-за того, что во время снегопада произошло налипание снега на поверхность тормозного барабана, что значительно снизило эффективность тормозной системы, а храповой механизм оказался неисправен (фиксатор был выведен из зацепления см. фото) в следствии чего произошло самопроизвольное падение стрелы.



Рис. 2. Храповый механизм крана-трубоукладчика ТО-1224 с выведенным из зацепления фиксатором.

Необходимо внесение в программы обучения специалистов проводящих техническое освидетельст-



вание, обслуживание и ремонт кранов-
трубоукладчиков дополнительные
требования по обязательному контролю

работы храпового механизма стреловой
лебедки

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 04.03.2013).
2. Приказ Ростехнадзора от 12.11.2013 N 533.
3. «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения».
4. Правила ПБ 10-157-97 «Правила устройства и безопасной эксплуатации кранов-трубоукладчиков» (не действующие).
5. РД СеМаК-001-98. «Методические указания по комплексному обследованию кранов-трубоукладчиков с истекшим сроком службы».



ПРОВЕДЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОЛЩИНОМЕТРИИ НА СОСУДАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СКАНИРУЮЩИХ СИСТЕМ

УДК 62-791.2

Пидгирец В.Н.

Шаврин К.А.

Эксперт в области промышленной безопасности Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Эксперт отдела экспертизы технических устройств Северо-Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

06.10.2015

В современных условиях увеличения объемов добычи и переработки углеводородного сырья деятельность нефтегазовых компаний имеет стратегическое значение для развития экономики страны, а их надежная и безаварийная работа в значительной степени определяет экономическую безопасность. Однако уровень аварийности в отрасли остается высоким. По данным Ростехнадзора в нефтегазовом комплексе ежегодно происходят десятки аварий. Аварии на ОПО нефтегазовой промышленности имеют тяжелые социальные, экономические и экологические последствия. Техническая диагностика является средством поддержания заданного уровня надежности оборудования, обеспечения требований безопасности и эффективности использования объектов.

В этой связи хочется рассмотреть некоторые моменты проведения технического диагностирования сосудов, работающих под давлением в нефтегазодобывающей отрасли.

В настоящее время при проведении технического диагностирования сосудов, работающих под давлением специалисты проводят работы в соответствии с РД 03-421-01 «Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного

срока службы сосудов и аппаратов».

Рассмотрим раздел определяющий объем работ по ультразвуковой толщинометрии, который обязывает проводить замеры толщины стенки по четырем образующим обечайки и четырем радиусам днищ через 90 град. по окружности элемента. На каждой царге обечайки сосуда проводится не менее трех измерений по каждой образующей (в середине и по краям). В случае невозможности выполнения УЗТ сосуда по полной программе число точек замера толщины стенок должно быть таким, чтобы обеспечить максимально надежное представление о состоянии сосуда и проведение прочностных расчетов. Не сложно представить сколько потребуется времени, для проведения УЗТ сосуда, работающего под давлением (без внутреннего осмотра), зона составляет ориентировочно 10 метров х 1,5 метра с шагом 5 мм. (см. ниже).

Рассмотрим проведение технического диагностирования сосуда, работающего под давлением в системе нефтесбора без проведения внутреннего осмотра. При проведении экспертизы промышленной безопасности сосуда, работающего под давлением без внутреннего осмотра указанный объем работ по ультразвуковой толщинометрии не дает нам практически никакой информации о степени коррозии внутренней стенки сосуда, т.к. ширина одной царги, отстойника нефти объемом 200м³, составляет от 1м и более, а длина

ориентировочно 10 метров и мы обязаны сделать всего на этой протяженности по одной образующей всего три измерения. Если проводить измерения с шагом 5 мм., чтобы не пропустить одиночные язвы в этой зоне, то можно представить сколько будет стоить проведение такой диагностики.

Из многолетнего опыта проведения экспертизы сосудов, работающих под давлением в системе нефтесбора, можно сделать вывод, что в данных сосудах коррозии подвергается нижняя образующая обечайки сосуда. Ширина этой зоны доходит до полутора метров (в зависимости от границы раздела двух сред нефть - подтоварная вода и протяженностью - по всей длине сосуда). При внутреннем осмотре по нижней образующей выявлялись по несколько зон пораженных коррозией размером 50см x 50см и более, с многочисленными язвами глубиной до 8-10 мм.

Таким образом, эксперт подготавливая заключение экспертизы промышленной безопасности на сосуд, работающий под давлением (без внутреннего осмотра), не имеет никакой информации о коррозионном состоянии внутренней поверхности металла сосуда. Применяя в формуле при расчете остаточного ресурса минимальную выявленную толщину стенки, которая не отражает истинную минимальную толщину стенки сосуда, эксперт назначает остаточный ресурс не имея очень важной информации об реальной остаточной толщине стенки сосуда.

В результате выше изложенного, предлагается проведение ультразвуковой толщинометрии на сосудах без внутреннего осмотра, с применением ультразвуковых сканирующих систем. Санирующая система состоит из тележки с магнитными колесами, на которую крепится ультразвуковой преобразователь, компьютер с программным

обеспечением. Нижняя образующая сосуда, работающего под давлением, необходимой ширины зачищается до металлического блеска по всей длине сосуда. Устанавливается тележка на стенку сосуда и производится сканирование поверхности. Длина, ширина зоны и сетка с шагом сканирования задается при помощи компьютера и прилагаемого программного обеспечения. После окончания сканирования мы имеем сетку толщин с заданным шагом. В результате чего мы имеем полную картину коррозионного состояния металла исследуемой зоны сосуда, без проведения внутреннего осмотра. Такие сканирующие системы производятся не один десяток лет, но они не получили широкого применения.



Рис. 1. Проведение коррозионного мониторинга сосуда системой Silverwing RMS2.

Думаю, это очень актуально особенно для Экспертных компаний проводящих техническое диагностирование сосудов, работающих под давлением нефтедобывающих предприятий Сибирского региона, т.к. в 1970-х годах (в отличие от сегодняшних дней) когда строились ДНС дублирующих сосудов не устанавливали. Поэтому для предприятий нефтедобывающей отрасли вывод из



эксплуатации выше указанных сосудов, работающих под давлением для проведения технического диагностирования является большой проблемой, т.к. вывод из технологического процесса оборудования и подготовка для проведения внутреннего осмотра оборачивается большими финансовыми потерями.

Так же рассмотрим раздел гидравлических испытаний РД 03-421-01.

Согласно выше указанных методических указаний организация проводившая техническое диагностирование обязана провести гидравлическое испытание сосуда, работающего под давлением, которое может быть заменено пневматическим при условии контроля процесса нагружения методом АЭК.

При проведении данного испытания мы определяем прочность сосуда, работающего под давлением. При доведении давления в сосуде до испытательного имеющаяся в сварном шве или основном металле может и не раскрыться до предельного состояния, а если сосуд работает в циклическом режиме трещина может раскрыться намного позднее, а экспертная организация тем временем выдает Заключение о соответствии сосуда, работающего под давлением требованиям промышленной безопасности. Рассмотрим на примере.

Для примера рассмотрим ультразвуковую дефектоскопию сварных швов на отстойнике нефти объемом 200 м³. При проведении технического диагностирования данного сосуда с внутренним осмотром, согласно ПБ 03-584-03 мы должны провести дефектоскопию сварных швов в объеме

25% для 4 группы сосудов, включая участки пересечения продольных и кольцевых сварных швов. При ориентировочной протяженности сварных швов на данном сепараторе 140 метров контролю подлежат всего 35 метров (25%). Отсюда следует, что 105 метров остаются не обследованными! Более того остаются не обследованным 100% основного металла, в котором также возможно появление дефектов в виде трещин, расслоений выходящих на поверхность металла (под слоем краски возможно не заметить). Даже на проконтролированных сварных швах (25%) ультразвуковой дефектоскопии возникает большой вопрос о выявлении трещины протяженностью 1 мкм. Предельная же чувствительность акустико-эмиссионной аппаратуры по расчетным оценкам составляет порядка 10⁻⁶ мм., что соответствует выявлению скачка трещины протяженностью 1 мкм. на величину 1 мкм. Так же АЭК позволяет классифицировать дефекты не по размерам, а по степени их опасности.

В связи с выше изложенным следует, что проведенное гидравлическое испытание не дает гарантии соответствия сосуда, работающего под давлением, требуемой прочности. Поэтому необходимо проводить пневмоиспытания с обязательным контролем процесса нагружения методом АЭК. При таком виде испытания мы получаем исчерпывающую информацию о наличии (или отсутствии) развивающихся дефектов в сварных швах и основном металле данного сосуда, работающего под давлением.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 04.03.2013).
2. РД 03-421-01 «Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов».



О НЕКОТОРЫХ ОШИБКАХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 69

Борисов В.В.	Технический директор Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Егоров П.А.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Максимов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности
Малеев О.А.	Заместитель начальника отдела, эксперт
Артемов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

07.10.2015

Аннотация. В статье изложены предложения, соблюдение которых обеспечит качество разработки проектной документации опасных производственных объектов.

Ключевые слова: безопасность, авария, взрыв, пожар, ЛВЖ (легко воспламеняющаяся жидкость), проектирование, ТР (технический регламент), технологический блок, энергетический уровень, регенерация, блокировки, срок эксплуатации, ЛКМ (лакокрасочные материалы).

Согласно годовому отчету Ростехнадзора за 2013 год, на объектах нефтехимической и нефтегазо-перерабатывающей промышленности «несовершенство технологии производства и конструктивные недостатки технических устройств явились причинами 14% аварий (2 аварии)» [21].

Аварии, возникающие на взрывопожароопасных объектах, характеризуются возникновением взрывов и пожаров и представляют особую опасность для населения. К поражающим факторам аварий на взрывопожароопасных объектах относятся воздушная ударная волна с образованием большого количества осколков из летящих обломков зданий и сооружений, высокая температура от

горения различных веществ, материалов и загрязнения воздуха в очаге поражения продуктами горения, в том числе угарным газом.

Анализ аварий показывает, что, независимо от производства, в подавляющем большинстве случаев они имеют одинаковые фазы развития.

Обычно аварии предшествует возникновение или накопление дефектов в оборудовании или отклонение от нормального ведения технологического процесса, которые сами по себе не представляют угрозы, но создают предпосылки для аварии. Однако эта фаза очень важна, так как на этой стадии еще возможно предотвращение аварии.

На второй фазе происходит какое-либо инициирующее событие, обычно неожиданное. Как правило, на второй

фазе у операторов не бывает ни времени, ни средств для эффективных действий. Собственно авария происходит на третьей фазе, как следствие двух предыдущих.

Основные причины аварий:

- просчеты при проектировании и недостаточный уровень современных знаний;
- некачественное строительство или отступление от проекта;
- непродуманное размещение производства;
- нарушение требований технологического процесса из-за недостаточной подготовки или недисциплинированности и халатности персонала.

В статье приведены несколько фотографий, подтверждающих ошибки проектировщиков и строителей, а также результаты их ошибок.



Рис. 1. Столкновение поездов в Китае, 2011г.

Ошибка проектировщиков стала причиной столкновения поездов в Китае опубликовано: 28 июля 2011 года. Недостатки в системе железнодорожных сигналов привели к столкновению поездов недалеко от Шанхая в провинции Чжэцзян. Сигнальное оборудование было разработано Пекинским исследовательским и проектным институтом, оно было введено в

эксплуатацию 28 сентября 2009 года. Согласно отчету, один из светофоров после удара молнии в элемент оборудования сигнальной системы не переключился с зеленого сигнала на красный, сообщает агентство «Синьхуа». Это привело к столкновению двух попутных поездов. Один из поездов в момент аварии стоял на мосту, два вагона от удара сошли с рельсов и упали в реку с высоты в 20 метров. По уточненным данным, в аварии погибли по меньшей мере 39 человек и 192 получили ранения [accident.infox.indee.ru].



Рис. 2. Пожар на нефтебазе компании «БРСМ-Нафта», Украина, 2015г.

Пожар на нефтебазе компании «БРСМ-Нафта» в 2015 году вблизи г. Киев на Украине. Причины: не соблюдение норм проектирования нефтебаз, СНиП, требований пожарной безопасности. На фото видно, что резервуары на нефтебазе расположены близко друг к другу, почти вплитык. ГПСС - генераторы пены средней кратности – не были установлены на резервуарах. Система орошения на резервуарах отсутствовала. На нефтебазе напорный пожарный водопровод отсутствовал. Бортик (или обвалование) вокруг резервуаров отсутствовал.

[http://novostiua.org/news/114019-terakt_halatnostj_oibka_proektirovani_korru_pi_poemu_gorit_neftebaza_pod_kievom].

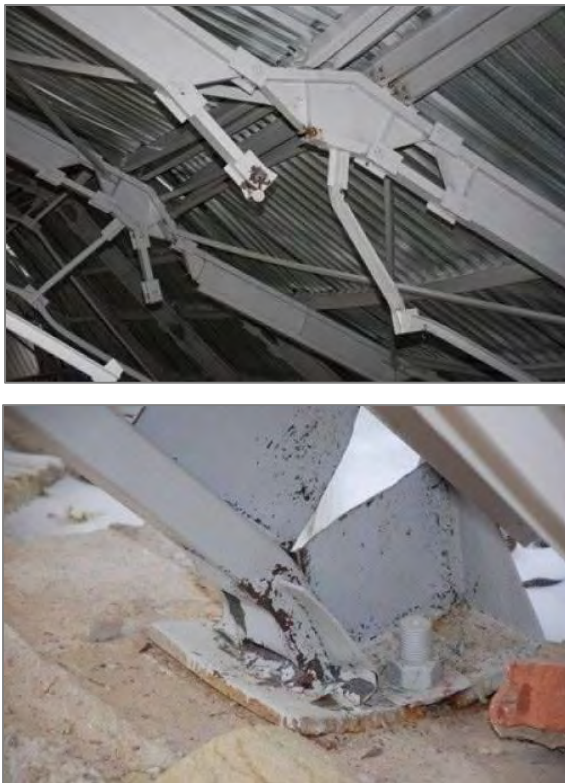


Рис. 3. Обрушение спорткомплекса
Полтавского тех. университета, 2011г.

Спорткомплекс Полтавского тех. университета 03.04.2011г. рухнул из-за ошибки проектировщика. По мнению специалистов, такой проект спорткомплекса вообще не имел права на жизнь. Строительно-техническая комиссия, расследовавшая причины разрушения недостроенного спортивного корпуса Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка, обнародовала результаты своей работы. По выводам специалистов, авария произошла по нескольким причинам. Это: ошибки при конструировании узлов рамных конструкций; использование в процессе строительства некондиционных материалов; низкое качество исполнения сварочных и монтажных работ, которые производились на месте; низкое качество контроля проведения работ. Комиссия пришла к выводу, что главной причиной, которая вызвала аварию, является неправильная оценка условий

фактической работы конструкций, что и привело к утрате несущей способности здания спортзала в целом [<http://news.studclub.poltava.ua/new/25266>]. При проведении экспертизы промышленной безопасности документации, связанной с эксплуатацией действующего взрывоопасного производственного объекта «Участка по переработке отходов ЛКМ и ЛВЖ» в 2005 году в Нижегородской области, пришлось столкнуться с грубейшими нарушениями проектировщиков, разработавших проектную документацию на данный участок.

По результатам проведенной экспертизы разработаны рекомендации для заказчика по доработке документации и приведению ее к требованиям действующей нормативной документации:

а) Выполнить разделение технологических схем на отдельные технологические блоки и оценку энергетического уровня каждого технологического блока. Определить расчет категории взрывоопасности блоков. Провести оценку энергетического уровня каждого технологического блока и определить расчет категории его взрывоопасности, согласно [6].

б) Разработать технологический регламент по «Переработке красок из отходов производства окрасочных цехов предприятия», в соответствии с требованиями [17].

в) Разработать технологический регламент по «Регенерации отходов ЛВЖ», в соответствии требованиями [17].

г) Привести системы вентиляции, в соответствии с требованиями [16],[6];[14].

д) Предусмотреть средства контроля, регулирования процесса, а также блокировки, прекращающие



подачу греющего агента в аппаратах (выпаривателях) на случай понижения уровня ЛВЖ ниже допустимого значения, согласно [14].

е) Емкостную аппаратуру с ЛВЖ, вместимостью более 0,63 м³ оснастить, согласно требованиям [14], двумя датчиками уровня, один из которых предназначен для сигнализации верхнего предельного уровня.

ж) Предусмотреть оборудование аппаратов со взрывопожароопасными продуктами (ЛВЖ) устройствами для подключения линий воды, пара, инертного газа [6].

з) Насосы, применяемые для перекачки ЛВЖ и ГЖ, согласно требованиям [14], оснастить:

- блокировками, исключающими пуск или прекращающими работу насоса при отсутствии перемещаемой жидкости в его корпусе или отклонениях ее уровней в приемной и расходной емкостях от предельно допустимых значений;

- средствами предупредительной сигнализации при нарушении параметров процесса, влияющих на безопасность;

и) Установки оснастить, согласно [6], двухсторонней телефонной связью.

к) Предусмотреть сигнализацию (световую и звуковую) с вынесением на щит КИП, согласно [6], [14]:

- при достижении верхнего и нижнего уровня ЛВЖ в выпаривателях;

- при достижении верхнего и нижнего уровня в охладителях;

- контроль работы электродвигателей мешалок.

л) Привести процессы регенерации ЛВЖ в соответствие с требованиями обеспечения взрывобезопасности технологических процессов [6].

м) Предусмотреть в перемешивающих аппаратах (мешалках) устройства от перелива.

н) Произвести экспертизу

промышленной безопасности:

- здания, по истечении срока службы, согласно требованиям [10], [15];

- технологического оборудования (сосудов, смесителей, емкостей), трубопроводов, отработавших расчетный срок эксплуатации [6], [15].

Действующие на сегодняшний день требования нормативных документов для проектирования опасных производственных объектов:

- Архитектурно-строительное проектирование, согласно статье 48 п.1. [3], осуществляется путем подготовки проектной документации применительно к объектам капитального строительства и их частям, строящимся, реконструируемым в границах принадлежащего застройщику или иному правообладателю.
- Виды работ по подготовке проектной документации, согласно статье 48. п.4. [3], которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, должны выполняться только индивидуальными предпринимателями или юридическими лицами, имеющими выданные саморегулируемой организацией свидетельства о допуске к таким видам работ.
- Исходные данные для проектирования производства продукции, выпускаемой на предприятиях химического комплекса независимо от их организационно-правовой формы собственности, их состав, порядок разработки, оформления, согласования и утверждения устанавливает Положение [5].
- Состав разделов проектной документации и требования к их содержанию изложены в Положении [4].
- Основные требования к проектной документации объектов



капитального строительства и рабочей документации всех видов объектов строительства устанавливает ГОСТ Р 21.1101-2009 [18].

- Требования промышленной безопасности к организациям, осуществляющим деятельность в области промышленной безопасности, связанную с проектированием, строительством, эксплуатацией, реконструкцией, техническим перевооружением, капитальным ремонтом, консервацией и ликвидацией опасных производственных объектов химической, нефтехимической и нефтегазо-перерабатывающей промышленности, направленные на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, случаев производственного травматизма на указанных опасных производственных объектах, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества, в том числе способные образовывать паро-, газо- и пылевоздушные взрывопожароопасные смеси, кроме конденсированных взрывчатых веществ, изложены в [6].
- В ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и

нефтехимической промышленности изложены в документе [13].

- В ПУЭ [19] изложены Требования к устройству электрической части освещения зданий, помещений и сооружений различного назначения, открытых пространств и улиц, а также требования к устройству рекламного освещения. Содержатся требования к электрооборудованию жилых и общественных зданий, зрелищных предприятий, клубных учреждений, спортивных сооружений.

Выводы:

1. При выполнении проектирования опасных производственных объектов разработчикам необходимо соблюдать требования действующих нормативно-правовых документов: постановлений Правительства РФ, Федеральных законов, технических регламентов, федеральных норм и правил, СНиП и других НТД.

2. На сегодняшний день отменяются нормативные документы Ростехнадзора и вводятся технические регламенты, федеральные нормы и правила. С целью обеспечения промышленной безопасности представляется необходимым разработать ведомственные нормы технологического проектирования предприятий, имеющих в составе опасные производственные объекты.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
4. Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 года N 87 «Об утверждении Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», с изм. на 27.07.2015г.



5. Положение об исходных данных для проектирования, утв. зам. министра промышленности науки и технологий РФ 30.01.2002г.
6. Федеральные правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах».
8. Свод правил СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 М.
9. Свод правил СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001М.
10. ГОСТ 31937—2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
11. СТО Газпром 2-1.1-356-2009 Методические указания по повышению устойчивости технологического оборудования производственных объектов предприятий ОАО «ГАЗПРОМ» к воздействию пожаров и взрывов и предотвращению каскадных эффектов.
12. ПБ 09-563-03 Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств.
13. Ведомственные указания по противопожарному проектированию предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. ВУПП-88.
14. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности химически опасных производственных объектов».
15. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности».
16. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
17. РД 09-251-98 Положение о порядке разработки и содержании раздела «Безопасная эксплуатация производств» технологического регламента (с изменением N 1).
18. ГОСТ Р 21.1101-2009 Основные требования к проектной и рабочей документации.
19. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), издание 7, утв. приказом Минэнерго от 08.07.2002 г. № 204.
20. ГОСТ Р 21.1001-2009 Система проектной документации для строительства. Общие положения.
21. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2013 году, Москва, 2014 год.



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

УДК 69

Борисов В.В.	Технический директор Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Высоких Р.В.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Равинский И.Д.	Эксперт в области промышленной безопасности
Блатов А.А.	Зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Хохлов В.Г.	Эксперт в области промышленной безопасности Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

07.10.2015

Аннотация. В статье изложены основные мероприятия, соблюдение которых обеспечит надежность и безопасность зданий и сооружений в период эксплуатации.

Ключевые слова: безопасность, условия эксплуатации, стальные конструкции, периодические осмотры, контроль, агрессивная среда, проектная документация, физический износ, эксплуатационные воздействия, зонирование, нагрузки.

Статистика советского времени говорит, что более трети аварий в строительстве происходило по вине строителей и монтажников, вторыми шли эксплуатационники, затем работники стройиндустрии, и на последнем месте стояли проектировщики.

Аналогичная статистика современной России официально не опубликована, но из опыта проведения обследования строительных конструкций производственных и гражданских зданий и сооружений и ведению строительного контроля, можно с уверенностью сказать, что проектировщики сегодня заняли лидирующее положение.

В 1960 г. в Комсомольске-на-Амуре обрушилась часть металлических конструкций покрытия крупного промышленного цеха. Авария произошла на площади 900 м². Обрушение было вызвано разрушением узла опорной

панели подстропильной фермы пролетом 27 м. Основной причиной разрушения косынки оказалась скрытая трещина, образовавшаяся в результате хладноломкости стали. На подстропильную ферму опирались четыре фермы с пролетами 33 м. Конструкции были изготовлены за 8 лет до аварии и 6 лет хранились на складе. Материал конструкций — сталь марки Ст. 3. Скрытый дефект в фасонке был обнаружен комиссией, расследовавшей причины аварии. Скрытая односторонняя трещина проходила почти по всей длине косынки и была залита кузбасшлаком, который проник внутрь ее. Это свидетельствовало о том, что трещина возникла при изготовлении фермы на заводе, который делал огрунтовку конструкций кузбасшлаком. В результате изучения взаимного расположения обрушившихся конструкций, характера

разрушения ферм и их узлов установлено, что из-за наличия трещины разрушение началось именно с этого узла, а затем двух смежных. Ферма упала на нижележащую подкрановую балку, повредив ее. Обрушение первой подстропильной фермы повлекло за собой разрушение узлов противоположной подстропильной фермы и затем всего покрытия.

Вырезанные из фасонки вдоль и поперек прокатки и испытанные на ударную вязкость образцы показали резкое падение последней при отрицательной температуре, что свидетельствует о хладноломкости стали.

Дальнейшие исследования последствий аварии выявили до 30 дефектных узлов в подстропильных фермах, в которых были обнаружены трещины в косынках. В проекте реконструкции подстропильных ферм было предусмотрено исключение дефектных фасонки из работы путем введения решетки противоположного направления. Подстропильные фермы пролета цеха реконструировались без демонтажа после их разгрузки путем снятия кровли и прогонов по фермам.



Обрушение металлоконструкций цеха в Комсомольске на Амуре, 1960г.,
images.yandex.ru

В 2003 году в республика Саха Неравномерная осадка днища привела к выпучиванию стенки у уторного шва и образованию сквозного свища в РВС-700

с дизельным топливом [12].

В феврале 2004 года в Киришах произошло обрушение двух алюминиевых купольных крыш конструкции американской фирмы Conservatec под действием снеговой нагрузки на резервуарах РВС-50000 [12].

В июне 2007 года в ООО «Витимсервис» (Иркутская область) на РВС-3000 произошел пожар в результате попадания искр от сварки при монтаже системы пожаротушения [12].

В 1982 году на заводе «Капролактам» в г. Дзержинске произошла потеря устойчивости двух вновь смонтированных изотермических резервуаров при приемочных испытаниях [12].

В феврале 2006 года в МП МТЭП Сервис г. Усть-Кут Иркутской области при врезке дополнительного теплообменника в резервуар РВС-2000 в емкостном хозяйстве котельной при сварочных работах произошли хлопок, возгорание и последующее разрушение резервуара [12].

В январе 2002 года произошла авария башенного крана С-981А, изготовленного Никопольским заводом в 1976 году, в ОАО «СК» «Австром» (Управление Западно-Уральского округа). На строительстве жилого дома в г. Пермь по заданию мастера участка производились строительные-монтажные работы с применением башенного крана. Через час после окончания работы кран закачался и стал медленно падать, преодолевая сопротивление стоящих рядом деревьев. Башня задела угол спортзала школы и сломала карнизные плиты, стрела крана частично разрушила кровлю. Расследованием установлено, что падение башенного крана С-981А произошло в результате усталостного разрушения металла ходовой рамы (постепенное накопление повреждений в металле при действии циклических нагрузок в местах концентраторов

напряжений). К моменту аварии кран отработал 2,5 нормативных срока [13].

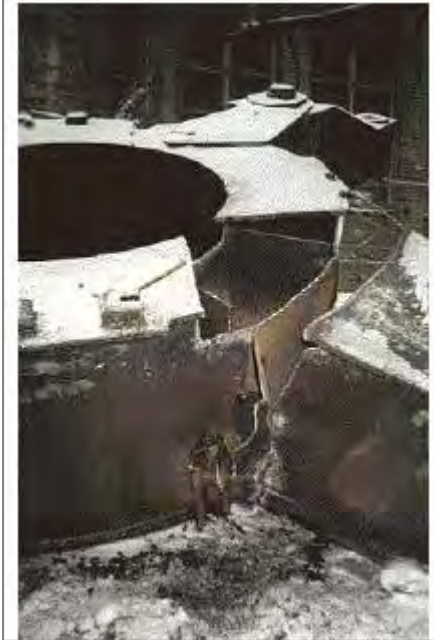


Рис. 2. 2003г. Ходовая рама крана С-981А после аварии в г. Пермь.

Ист.: журнал «Безопасность труда в промышленности» №4 от 2003г.

Техническая эксплуатация стальных конструкций производственных зданий и сооружений на опасных производственных объектах представляет собой комплекс мероприятий, направленных на обеспечение их безотказной работы в течение всего срока эксплуатации, предусмотренного проектом.

Комплекс состоит из следующих первоочередных мероприятий:

- периодические осмотры конструкций с целью выявления отклонений, дефектов и повреждений, вызванных условиями эксплуатации;
- контроль за недопустимостью превышения эксплуатационных нагрузок на конструкции по отношению к проектным;
- контроль температурного режима эксплуатации конструкций, а именно: не допускать перегрева и охлаждения конструкций при технологических

нарушениях и при локальных повреждениях температурной защиты;

- контроль за изменением агрессивности среды;
- соблюдение сроков проведения текущих и капитальных ремонтов и обеспечение контроля качества выполняемых строительно-монтажных работ;
- качественное хранение и правильное ведение проектной и исполнительной документации;
- внесение изменений в конструкцию зданий и сооружений в процессе эксплуатации допускается только при наличии соответствующей проектной документации;
- проводимые мероприятия, связанные с технической эксплуатацией зданий и сооружений, должны быть строго регламентированы соответствующими нормативными документами и отраслевыми стандартами предприятия.

Условия эксплуатации стальных конструкций:

Степень физического износа стальных конструкций напрямую зависит от условий и продолжительности эксплуатации, а также от величины и интенсивности нагрузок и воздействий. Как правило, в процессе эксплуатации фактические нагрузки могут отличаться от проектных как по величине, так и по характеру и местам приложения.

Кроме действительной величины нагрузки от собственного веса конструкций следует определять:

- места приложения и величины статических и динамических нагрузок от работающего технологического оборудования;
- места складирования сырья, готовой продукции, демонтированного оборудования и значения предельных от них нагрузок;
- грузоподъемность и режим работы



грузоподъемных механизмов;

- места, вес, состав и скорость накопления пылевых отложений;
- места повышенных снеговых и пылевых отложений на покрытие и возможную скорость их накопления.

Эксплуатационные воздействия:

- температурный режим эксплуатации конструкций, который определяется как технологическими, так и природно-климатическими условиями;
- деформации фундаментов вследствие изменений гидро-геологических свойств основания (повышение уровня грунтовых вод, попадание в грунт агрессивных жидкостей, откопка котлованов и траншей);
- увеличение агрессивности окружающей среды от соседних производств.

На основании установленных нагрузок и воздействий следует систематизировать здания и сооружения по фактическим условиям работы строительных конструкций для определения регламента их содержания, а именно: периодичность осмотров и обследований, составление графиков проведения планово-предупредительных, текущих и капитальных ремонтов, которые следует разработать и строго исполнять соответствующими службами предприятия.

Зонирование по интенсивности нагрузок включает в себя:

- места установки технологического оборудования с указанием его габаритов и веса;
- места складирования сырья и полуфабрикатов с указанием предельных параметров по площади и весу;
- зоны проезда напольного транспорта с указанием габаритов и предельной грузоподъемности;
- зоны работы грузоподъемных механизмов с указанием режимов

работы в соответствии с «Правилами безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения».

Температурные воздействия в основном зависят от габаритов здания, наличия или отсутствия отопления, источников выделения тепла и системы вентиляции.

Зонирование по интенсивности температурных воздействий должно включать в себя:

- интенсивность технологического нагрева конструкций, которая бывает: слабая с нагревом конструкций до 50°C, средняя с нагревом от 50°C до 100°C и сильная при нагреве свыше 100°C;
- минимальная эксплуатационная температура конструкций устанавливается путем фактических измерений в зимний период при остановке технологического процесса и отключении всего оборудования и систем отопления.

Зонирование по степени агрессивности среды, включающее классификацию газовой среды, места проливов технологических жидкостей и отложений химически активной пыли, осуществляется согласно СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85» на основании натурных замеров. При этом определяют зоны с нормальными условиями, со слабой (скорость коррозии металла до 0,1 мм/год), средней (скорость коррозии металла от 0,1 до 0,5 мм/год) и сильной (скорость коррозии металла 0,5 мм/год и более) степенями агрессивности среды.

Зоны повышенных перемещений фундаментов вследствие значительных деформаций оснований устанавливают геодезическими замерами оголовков фундаментов и периодическими



наблюдениями за их состоянием.

Зоны по нагрузкам и воздействиям, установленные как особые, наносятся на планы зданий и сооружений. Их следует обозначать на плане и присваивать номера с указанием численных величин параметров опасных нагрузок и воздействий и перечнем характерных возможных повреждений элементов конструкций.

На выполнение сварочных работ в зоне действия опасных производственных факторов, возникновение которых не связано с характером выполняемых работ, должен быть выдан наряд-допуск. Перечень таких работ, порядок выполнения нарядов-допусков, а также перечни должностей специалистов, имеющих право выдавать и утверждать наряды-допуски, утверждаются техническим руководителем организации, эксплуатирующей ОПО. (п.11 ФНиП в области промышленной безопасности «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах»).

Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана соблюдать Требования промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта, согласно ст.9 Федеральному закону от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» с изменениями на 31 декабря 2014 года.

Организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности в соответствии с требованиями, устанавливаемыми Правительством Российской Федерации, а также требований в ст.11 116-ФЗ от 21.07.1997г. «Требования к организации производственного контроля за

соблюдением требований промышленной безопасности и управления промышленной безопасностью».

Приказом Ростехнадзора от 01.07.2014 г. №287 отменены ПБ 03-445-02 «Правила безопасности при эксплуатации дымовых и вентиляционных промышленных труб». Замены этому документу нет. Правда имеется СП 13-101-99 «Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта дымовых и вентиляционных труб», принятые и введенные в действие Постановлением Госстроя России от 14.07.1999г. №2.

Отменены РД 22-01-97"Требования к проведению оценки безопасности эксплуатации производственных зданий и сооружений поднадзорных промышленных производств и объектов (обследование строительных конструкций специализированными организациями)", согласованные письмом ГТН России 21.12.1997г.

Имеются ведомственные документы по эксплуатации зданий и сооружений. Например: РД 153-34.0-21.601-98 «Типовая инструкция по эксплуатации производственных зданий и сооружений энергопредприятий», утв. РАО «ЕЭС России» 22 декабря 1998 года, введены в действие с 1 февраля 2000 года.

Выводы:

На сегодняшний день отсутствует единый нормативный документ по эксплуатации стальных конструкций на опасном производственном объекте. Представляется необходимым разработать федеральные нормы и правила по эксплуатации стальных металлоконструкций на опасных производственных объектах, с учетом ведомственных требований (химического надзора, котлонадзора, энергонадзора и др.).



Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон от 27.07.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190 –ФЗ.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения».
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах».
6. Свод правил СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 М.
7. Свод правил СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001М.
8. ГОСТ 31937—2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
9. Свод правил СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85».
10. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения, Б.И. Беляев, В.С. Корниенко.
11. МДС 20-2008 Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролетных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях. ФГУП НИИЦ «Строительство», г. Москва, 2008г.
12. Предотвращение аварий зданий и сооружений. Нормативно-техническое и организационное обеспечение безопасной эксплуатации резервуарных конструкций, д.т.н., член-корреспондент АИН РФ Ханухов Х.М.
13. Журнал «Безопасность труда в промышленности» №4 от 2003 года.



ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ГАЗОГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ГАЗОПОТРЕБЛЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 62-69

Шаврин К.А.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств,

Пидгирец В.Н.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств Северо-Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

08.10.2015

Аннотация. В статье изложены недостатки методики проведения технической диагностики газогорелочных устройств газопотребляющего оборудования.

Довольно часто на опасных производственных объектах используется технологическое оборудование, отработавшее нормативный срок службы. Эксплуатация такого оборудования несет риски возникновения аварий с тяжелыми последствиями.

Возможность дальнейшей безопасной эксплуатации оборудования, с истекшим установленным сроком службы, на опасных производственных объектах определяется после проведения экспертизы промышленной безопасности. Согласно Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утвержденным приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 ноября 2013 г. N 538 экспертиза промышленной безопасности включает в себя:

- анализ технической документации
- техническое диагностирование
- оформление заключения экспертизы

В заключении экспертизы промышленной безопасности дополнительно приводятся расчетные и аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния объекта экспертизы, включающие определение (расчет) остаточного

ресурса (срока службы). Этот расчет остаточного ресурса имеет важное значение при проведении экспертизы промышленной безопасности, так как именно по нему определяется возможность и срок дальнейшей эксплуатации оборудования, ошибка в расчетах может привести к аварии на опасном производственном объекте.

Одним из видов оборудования на опасном производственном объекте, который подлежит экспертизе промышленной безопасности являются газогорелочные устройства газопотребляющего оборудования (котлов, печей).

В настоящее время техническое диагностирование газогорелочных устройств, при проведении экспертизы промышленной безопасности проводится согласно «Методике проведения технической диагностики газогорелочных устройств газопотребляющего оборудования» утвержденной техническим директором ЗАО научно-производственного объединения «Техкранэнерго» Кадушкиным Ю.В. 18.08.04г. и Главным инженером Западно-уральского газотехнического центра ООО «Газнадзор» Демидовым Ф.Г. 18.08.04г., согласованной с управлением по надзору на общепромышленных опасных

производственных объектах Федеральной технологической служб №03-04-11/ 118С от 23.08.04г.

Некоторые эксперты в области промышленной безопасности определяют остаточный ресурс по скорости коррозии (эрозии) металла, на основании «Методики проведения экспертизы промышленной безопасности и определения срока дальнейшей эксплуатации газового оборудования, промышленных печей, котлов, ГРП, ГРУ, ШРП и стальных газопроводов» и «Методики проведения экспертизы промышленной безопасности технологических трубопроводов, работающих под давлением до 10 МПа. СТО 03-00220227». Исходя из области применения и методов расчета, описанных в этих методиках, мы считаем, что пользоваться ими не совсем правильно для определения остаточного ресурса газогорелочных устройств (далее – ГГУ), и считаем наиболее подходящей методику приведенную выше.

Расчет остаточного ресурса ГГУ согласно пункту 2.5.2 [2] предлагается проводить по изменению пластичности металла методом, описанным в «Методике проведения технической диагностики газогорелочных устройств газопотребляющего оборудования» и в

РД 12-411-01 «Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов».

Согласно [2] расчёт производится по изменению пластичности металла труб в результате старения, т.е. зависимость основных механических характеристик ($\sigma_{Тф}$ и $\sigma_{Вф}$) от времени эксплуатации ГГУ, можно представить в виде функций, значение которой определяются по формуле:

$$\psi = \frac{\sigma_{\gamma}}{\sigma_{\beta}} = \frac{\sigma_{T0} + ct + et^2}{\sigma_{B0} + at + bt^2} + k_1 + k_2 \quad (1),$$

Где а, b, с, е – параметры, отражающие процесс старения, значения которых приведены в таблице 2;

σ_{T0} и σ_{B0} – исходные механические характеристики металла газогорелочного устройства, принимаются по исполнительной документации на газогорелочное устройство, при отсутствии данных – по минимальным значениям механических характеристик, приведенным в таблице 1, в которой для упрощения расчетов марки сталей всех степеней раскисления объединены в две группы по близости механических свойств;

k_1 и k_2 – поправочные коэффициенты условий эксплуатации.

Табл. 1. Минимальные значения механических характеристик стальных труб (средние по маркам стали).

Группа	Марка стали	Минимальные нормативные механические характеристики		
		Предел текучести σ_{T0} , МПа	Временное сопротивление σ_{B0} , МПа	Ударная вязкость a_{K0} (КСУ), Дж/см ²
А	Ст3, Ст4 ГОСТ 380, сталь 20 ГОСТ 1050	216	362	78,4
Б	Ст2 ГОСТ 380, сталь 10 ГОСТ 1050	196	314	78,4

Табл. 2. Параметры для расчета фактических, механических свойств металла по пластичности.

Параметры	Величина для стали	
	Группа А	Группа Б
a	0,4779	0,56251
b	0,0046703	0,005922
c	0,222073	0,237626
e	0,019853	0,019036
a _T	0,00000783	-0,00000787
b _T	0,000325	0,000365
c _T	-0,0000105	-0,0000121

Значение коэффициентов k_1 и k_2 для расчета пластичности при эксплуатации газопровода в условиях, отличных от базовых, вычисляются по формулам:

При изменении данных по температуре

$$k_1 = (a_T T_{\phi} + b_T + c_T t) \Delta T$$

При изменении данных по давлению

$$k_2 = 0,000625 t \Delta P$$

Где $\Delta T, ^\circ\text{C}$ и $\Delta P, \text{МПа}$ – разность среднегодовой температуры грунта T_{ϕ} на уровне прокладки газопровода и действующего давления P_{ϕ} от базовых значений ($20 ^\circ\text{C}$, $1,2 \text{ МПа}$): $\Delta T = T_{\phi} - 20 ^\circ\text{C}$, $\Delta P = P_{\phi} - 1,2$;

a_1, b_1, c_1 – параметры, учитывающие влияние изменения температуры на пластичность, принимаются по таблице 2.

Как мы видим в формулах определения поправочных коэффициентов присутствует «время», если в случае с функцией ψ мы четко понимаем, что время является переменной величиной и с изменением времени меняется ψ , то в случае с определением коэффициентов непонятно что имеется ввиду под этой величиной, либо это время фактической эксплуатации, либо это такая же

переменная величина, как и в случае с функцией ψ . Мы считаем, что наиболее правильно использовать переменную величину и определять коэффициенты для каждого промежутка времени.

Определение остаточного срока службы производится путем построения при помощи ПЭВМ графика функций ψ , с интервалом точности (+10%) в виде двух кривых: ψ и ψ_t – верхней границы 10 %-ного интервала точности кривой ψ в координатах « σ_T/σ_B – время» и двух прямых, построенных в тех же координатах, параллельных оси абсцисс: $\sigma_T/\sigma_B = 0,9$ и $\sigma_T/\sigma_B = \sigma_{T\phi}/\sigma_{B\phi}$. Значения

$\sigma_{T\phi}$ и $\sigma_{B\phi}$ получены по данным в ходе диагностирования.

При первом рассмотрении методика выглядит рабочей и на первый взгляд в ней только 2 недостатка:

1. Таблица 1 называется минимальные значения механических характеристик стальных труб.

2. При расчете коэффициента k_1 мы используем температуру грунта (T_{ϕ}), на уровне прокладки газопровода (напомним, что речь идет о газогорелочном устройстве, и скорее

всего не правильно использовать температуру грунта).

3. В функции (1) не раскрыто значения символа t .

Таблица 1 так называется, потому что этот расчет изначально был разработан для труб, механические свойства материала от изделия, изготовленного из него, не зависят, а значит, мы можем их использовать для расчета остаточного срока службы газогорелочного устройства.

С температурой грунта сложнее. Предположим, что это температура в помещении, в котором эксплуатируется газогорелочное устройство, и попробуем провести расчет остаточного срока службы какого либо реального газогорелочного устройства.

Расчет остаточного ресурса реального газогорелочного устройства.

Итак, после проведения обследования имеются следующие исходные данные, необходимые для проведения расчета:

- материал сталь 20 гост 1050;
- внутреннее давление 0,01 МПа;
- фактическая температура 25°C;
- время эксплуатации 11 лет;
- диаметр огневой трубы газовой горелки $D_n = 265$ мм;
- фактическая толщина стенки огневой трубы газовой горелки 2,4 мм;
- фактическое значение твердости (описано ниже).

Сталь 20 ГОСТ 1050 относится к группе сталей А, следовательно по таблице 1 определяем следующее:

- предел текучести $\sigma_{T0} = 216$ МПа;
- временное сопротивление $\sigma_{B0} = 362$ МПа;
- ударная вязкость a_{k0} (КСУ) = 78,4 Дж/см².

Так же по таблице 2 определяем параметры для расчета фактических, механических свойств металла по пластичности:

$$a = 0,4779,$$

$$b = 0,0046703,$$

$$c = 0,222073,$$

$$e = 0,019853,$$

$$a_T = 0,00000783,$$

$$b_T = 0,000325,$$

$$c_T = -0,0000105.$$

Для определения твердости в [2] описывается метод определения фактической твердости с помощью переносного твердомера по Лейбу. Специалистами ООО «Промтехэкспертиза» метода измерения твердости по Лейбу обнаружено не было и мы допустили возможность опечатки, так как существует метод измерения твердости по Либу.

Суть метода Либу: ударный боёк (внутри которого размещён магнит, а на конце расположен твёрдосплавный шарик) ударяется о контролируемую поверхность и отскакивает. Перемещаясь внутри катушки индуктивности боёк своим магнитным полем наводит в ней ЭДС индукции, величина которой пропорциональна скорости бойка. Изобретатель этого метода Дитмар Либ определил свою собственную величину твёрдости (HL). В отличие от статических методов измерения твёрдости, в результатах динамического метода содержится дополнительная информация об ответном поведении материалов, например, об эластичных свойствах материала.

Однако проблема в том, что данный метод не стандартизирован в России, (отсутствует ГОСТ по этому методу), а так же большинство твердомеров определяют твердость по шкалам Роквелла, Бринелля, Шора и т.д. и очень не многие имеют шкалу по Либу.

Определение твердости с помощью твердомера, имеющего шкалу твердости по Либу, включает в себя следующие вычисления. Фактическая твердость по этому методу, определяется по формуле:

$$L_{\phi} = L_0 + 2,21\left(\frac{D}{S} - 12,7\right),$$

Где L_0 – среднее арифметическое значение замеренной твердости;

D – диаметр наружный;
 S – толщина стенки газогорелочного устройства.

Временное сопротивление и предел текучести металла по величине твердости по Либу рассчитываются по следующим формулам:

$$\sigma_B = 9,55 \left[\sqrt{149 + 1,22(2,8 * 10^{-6} * L_{\phi}^3 - 3 * 10^{-3} * L_{\phi}^2 + 1,797 * L_{\phi} - 275,125)} - 12,22 \right]$$

$$\sigma_T = K * 1,22(2,8 * 10^{-6} * L_{\phi}^3 - 3 * 10^{-3} * L_{\phi}^2 + 1,797 * L_{\phi} - 275,125),$$

где K – поправочный коэффициент для марок сталей, для углеродистых сталей он равен 0,2.

После получения фактических значений твердости, вычислив среднее арифметическое значение и подставляя значения в приведённые выше формулы, мы получили следующие значения временного сопротивления и предела текучести:

$$\sigma_{B\phi} = 380, \quad \sigma_{T\phi} = 242.$$

Далее при помощи Microsoft Excel построим график получившихся функций (по функции 1):

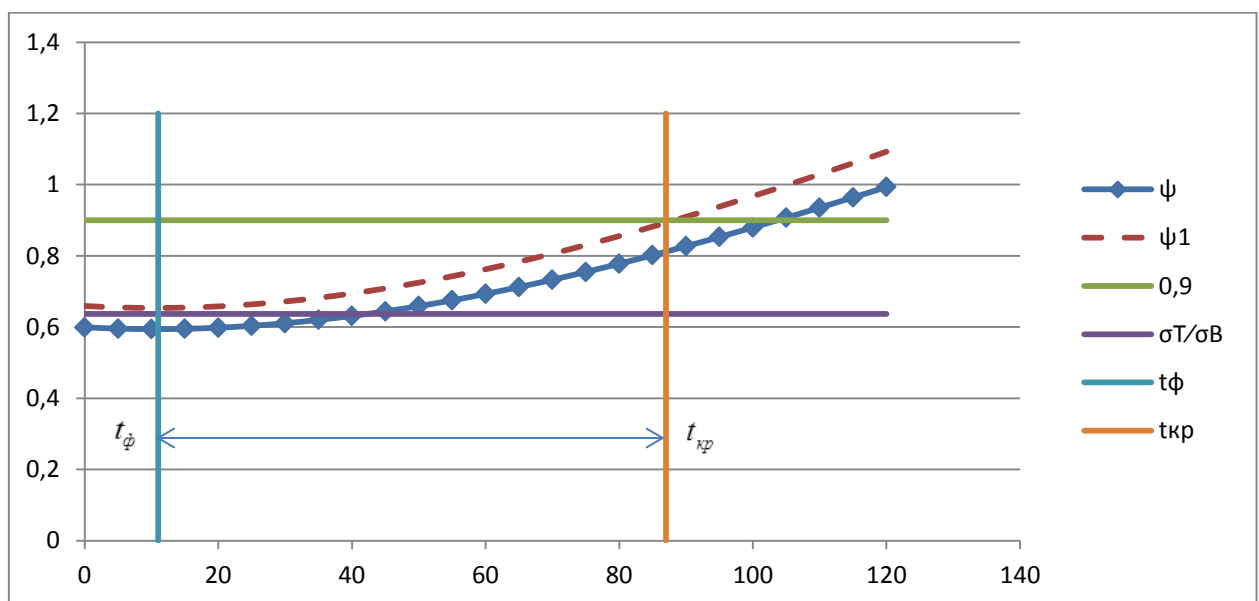


Рис. 1.

Находим абсциссу точки пересечения кривой ψ_1 , с прямой $\sigma_T/\sigma_B = 0,9$, $t_{kp} = 87$ лет. На графике видно, что точка пересечения t_{ϕ} и $\sigma_{T\phi}/\sigma_{B\phi}$ попадает

в интервал точности ψ , уточнения параметров функции у не требуется, следовательно: $t_{ост} = t_{kp} - t_{\phi} = 87 - 11 = 76$ лет - остаточный срок службы по пластичности.

Так как в этом расчёте фактическое состояние определяется отношением $\sigma_{T\phi}/\sigma_{B\phi}$,

то попробуем изменить его для оценки влияния фактического состояния на остаточный ресурс. Представим, что в процессе проведения технического диагностирования и проведения вычислений мы получили фактический предел текучести $\sigma_{T\phi} = 270$, а

фактическое временное сопротивление $\sigma_{Вф} = 400$, построим новый график с

полученными значениями:

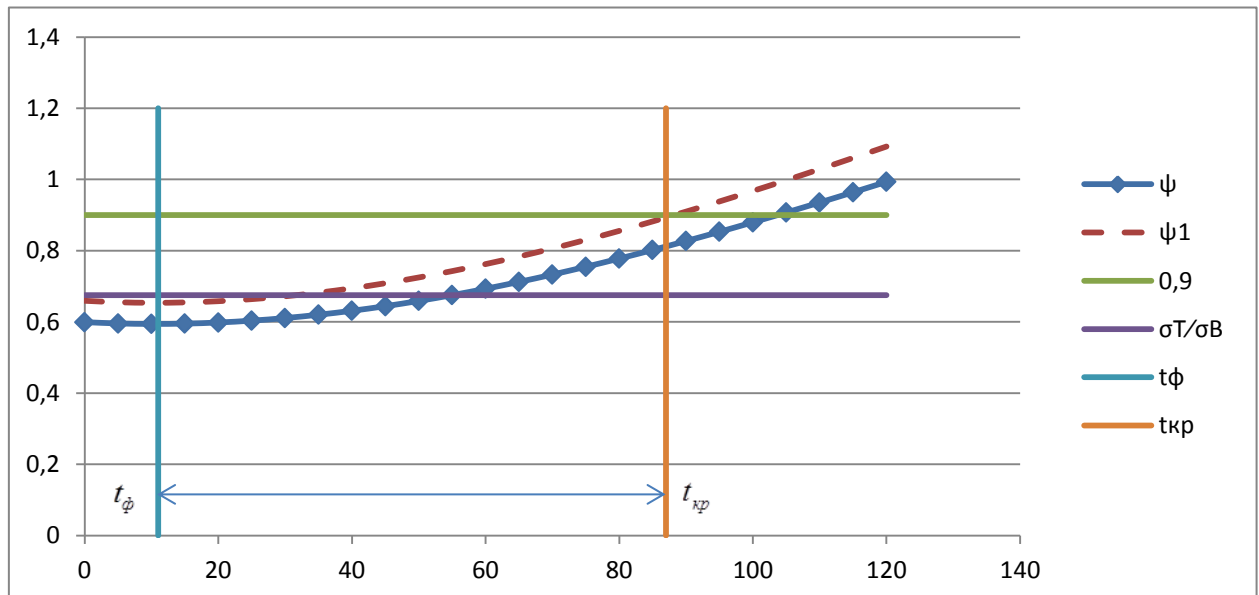


Рис. 2.

В данном случае точка пересечения кривой ψ_1 , с прямой $\sigma_T/\sigma_B = 0,9$, имеет такое же значение как и в прошлом примере: $t_{кр} = 87$ лет. Однако точка пересечения t_ϕ и $\sigma_{Тф}/\sigma_{Вф}$ уже не

попадает в интервал точности ψ , следовательно, величину остаточного срока службы $t_{ост}$ определяем с использованием условно-фактического времени эксплуатации газогорелочного устройства $t_{уф}$, равного абсциссе точки пересечения кривой ψ_1 , с прямой $\sigma_T/\sigma_B = \sigma_{Тф}/\sigma_{Вф}$. Из графика

определим все значения и проведем вычисления:

$$t_{ост} = t_{кр} - t_{уф};$$

$$t_{ост} = t_{кр} - t_\phi = 87 - 55 = 32.$$

32 года - остаточный срок службы по пластичности.

В методике проведения технической диагностики газогорелочных устройств газопотребляющего оборудования нет четкого описания построения графика и инструкции определения, из получившегося графика, остаточного ресурса. В методике имеется ссылка на РД-12-411-01, но в этой методике тоже нет описания, зато есть примеры построения графиков, описанных выше. Рассмотрим следующий пример

Изменим фактический срок эксплуатации с 11 на 55 лет, а значения фактического предела текучести $\sigma_{Тф}$ и фактического временного сопротивления $\sigma_{Вф}$ оставим как в первом случае и построим график по новым данным:

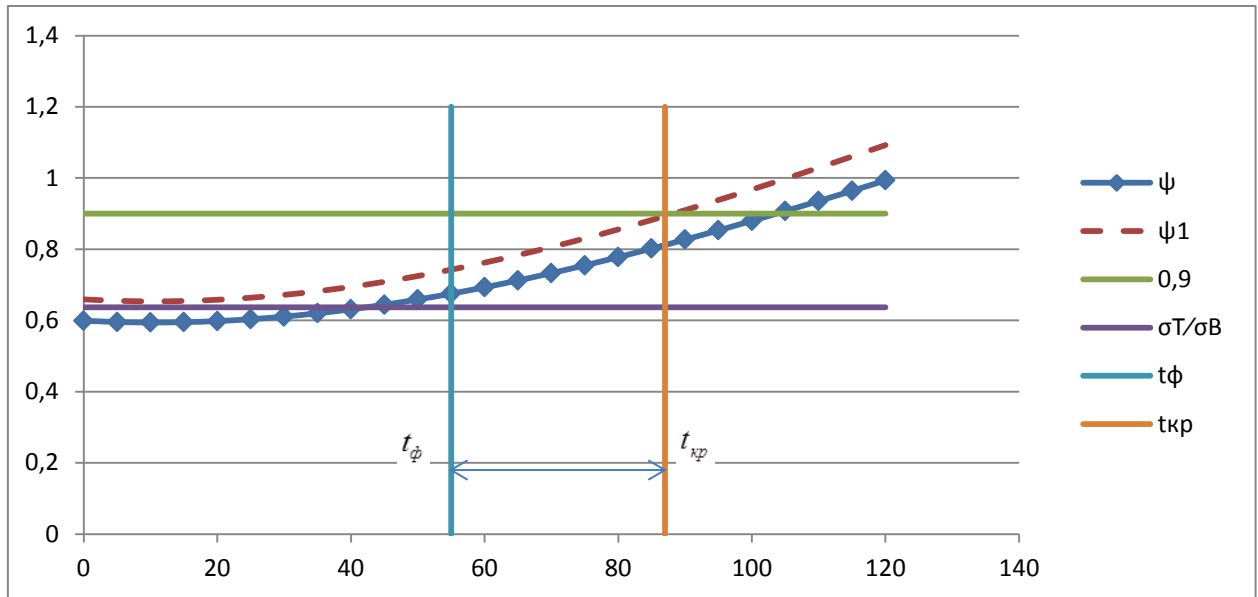


Рис. 3.

Точка пересечения кривой ψ_1 , с прямой $\sigma_T/\sigma_B = 0,9$, имеет такое же значение как и в предыдущих примерах: $t_{кр} = 87$ лет. Точка пересечения t_ϕ и σ_T/σ_B не попадает в интервал

точности ψ , этот случай не описывает РД 12-411-01, мы считаем, что в данном случае необходимо величину остаточного срока службы $t_{ост}$ определять с использованием условно-фактического времени эксплуатации газогорелочного устройства $t_{y\phi}$, так как основополагающим, при определении остаточного ресурса, является именно фактическое состояние технического устройства. В данном случае $t_{y\phi}$ будет равно абсциссе точке пересечения кривой ψ , с прямой $\sigma_T/\sigma_B = \sigma_{T\phi}/\sigma_{B\phi}$, как

первой точке, попадающей в интервал точности ψ . Таким образом, остаточный ресурс определится: $t_{ост} = t_{кр} - t_{y\phi} = 87 -$

55 $t_{ост} = t_{кр} - t_\phi = 87 - 42 = 45$ лет - остаточный срок службы по пластичности, несмотря на то, что фактический срок эксплуатации, на момент проведения технического диагностирования, составляет 55 лет.

Для определения коэффициента k_1 мы использовали T_ϕ - среднегодовую температуру грунта, в котором проложен газопровод, в расчёте газогорелочного устройства мы использовали среднегодовую температуру помещения, в котором используется газогорелочное устройство. Мы считаем, что при расчете остаточного срока службы газогорелочного устройства необходимо так же учитывать состояние огневой трубы при сжигании газа фактическая среднегодовая температура нагрева трубы (при работающем котле) составляет 200 и более градусов Цельсия.

Подставим новые данные в Функцию и построим график:

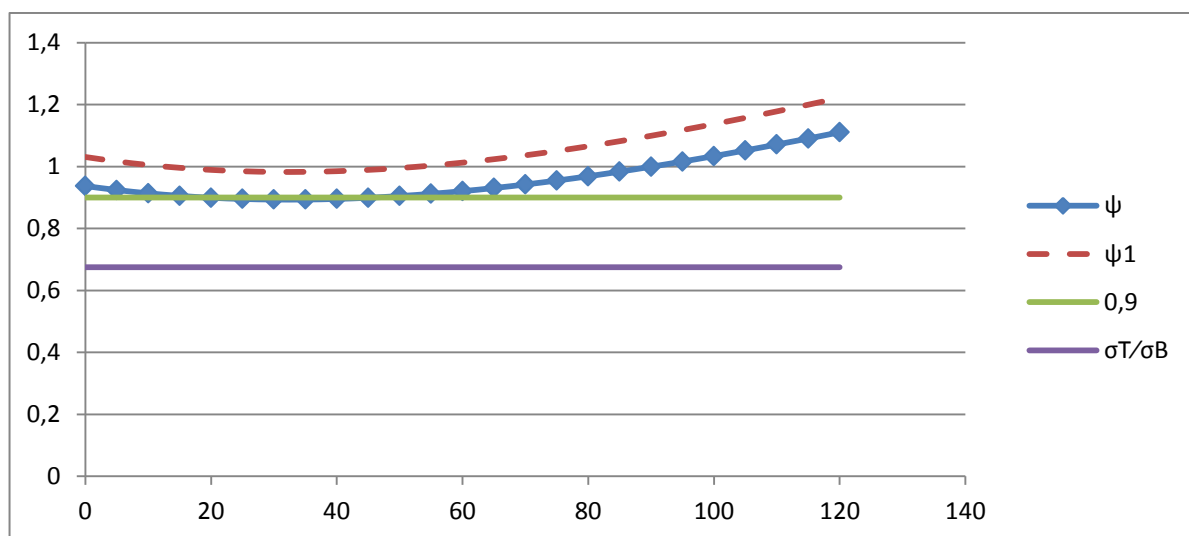


Рис. 4.

Как мы видим, при таком построении графика начальная точка сразу же находится выше уровня прямой $\sigma_T/\sigma_B = 0,9$, т.е. газогорелочное устройство не имеет остаточного срока эксплуатации сразу же после изготовления.

Из последнего графика следует, что данную методику нельзя применять для расчета остаточного срока службы огневой трубы.

Из вышеописанного становится понятно, что методика проведения технической диагностики газогорелочных устройств газопотребляющего оборудования в

части определения остаточного срока службы является «сырой», имеет множество недоработок и описывает действия, которые можно трактовать по-разному, а значит при расчете по этой методике разными экспертами могут получаться результаты отличающиеся на значительное количество лет. Так же [2] не охватывает всех аспектов эксплуатации такого оборудования и не учитывает эрозию металла под действием высоких температур. Поэтому специалисты ООО «Промтехэкспертиза» считают, что данная методика нуждается в доработке и изменении некоторых пунктов, для качественного и правильного ее использования.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015).
2. Методике проведения технической диагностики газогорелочных устройств газопотребляющего оборудования.
3. РД 12-411-01 «Инструкция по диагностированию технического состояния подземных стальных газопроводов».
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утвержденным приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 ноября 2013 г. N 538.



КОНТРОЛЬ ОПОРНО-ПОДВЕСНОЙ СИСТЕМЫ ПАРОПРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

УДК 67

Морозов Б.П.	Начальник отдела ЭПБ объектов котлонадзора, сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и тепловых сетей
Марков М.А.	Заместитель начальника отдела ЭПБ объектов котлонадзора, сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и тепловых сетей
Золотов В.А.	Заместитель начальника отдела ЭПБ объектов котлонадзора, сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и тепловых сетей
Борисов В.В.	Технический директор Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

12.10.2015

Трубопроводы высокого давления (паропроводы острого пара и горячего промперегрева, питательные трубопроводы) являются ответственными узлами энергетического оборудования электрических станций.

Аварии на трубопроводах высокого давления, кроме простоев оборудования зачастую приводят к тяжелым последствиям. Поэтому надежности трубопроводов высокого давления придается особое значение.

Опорно-подвесная система (далее ОПС) является комплексом различного вида опор и подвесок и предназначена для восприятия нагрузок от действий всех нагружающих факторов, появляющихся при всех режимах работы трубопровода. В процессе эксплуатации, а так же при исчерпании расчетного ресурса, заложенного проектной организацией появляется необходимость проведения работ, по определению правильности работы, как самой ОПС, так и напряжений возникающих в элементах паропроводов в процессе

эксплуатации оборудования. Определение оптимальных реакций опор подвесной системы, напряжений в различных сечениях, тепловых деформаций – сложная задача, расчет которой с достаточной степенью точности возможен только на персональном компьютере, с использованием лицензионных программ для расчетов трубопроводов, таких как «Старт», «Рампа», «Астра» и др.

Специалистами и экспертами Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза» техническому диагностированию и наружному осмотру в объеме технического освидетельствования обследовались более 200 трубопроводов на ТЭЦ ОАО «Мосэнерго», ОАО «ТГК-6», ОАО «ТГК-2», ООО «Тверская генерация». Основные дефекты ОПС и ее крепления, фиксируемые в процессе диагностирования или технических освидетельствований трубопроводов – это дефекты не устранённые при монтаже трубопровода и дефекты появившиеся в процессе

эксплуатации, текущих или капитальных ремонтов.

Причины таких повреждений и последствия устранить вполне по силам каждой электростанции, но с каждым годом в численность ремонтного персонала на ТЭЦ катастрофически сокращается и приближается к нулю. На их смену приходят подрядные организации, выполняющие в первую очередь первоочередные работы, связанные с ремонтом основного оборудования. В целях экономии времени и материальных затрат, ремонтными организациями не всегда проводятся работы по установке стяжек, временных опор для обеспечения требуемого смещения и раскреплению опор трубопровода. Как следствие трубопровод смещается со своей оси и на опоры, и на подвески действуют непроектные нагрузки. Дефекты ОПС владельцем эксплуатируемого оборудования зачастую считаются малозначимыми, которые можно отложить на дальнюю полку. А речь идет о повышенных (непроектных) напряжениях, возникающих в элементах трубопроводов при нарушениях состояния опорно-подвесной системы трубопроводов.



Рис. 1. «Защемление» трубопровода и деформация дренажной линии паропровода вследствие установки ее без учета температурных перемещений.

При проведении работ, связанных со снятием изоляции (ремонт трубопровода, техническое диагностирование и т.д.) все чаще и чаще применяются новые виды теплоизоляционных материалов. Данные материалы не всегда имеют одинаковые весовые характеристики, в сравнении с установленными по проекту, и значительные изменения приводят к некорректной работе опорно-подвесной системы, вследствие чего в элементах трубопровода появляются дополнительные (сверхдопустимые) напряжения.



Рис. 2. Сползание скользящих опор с оснований вследствие их установки.

Дефекты ОПС можно условно разделить на критические, подлежащие незамедлительному устранению и дефекты не критические, которые можно устранить при ближайшем останове оборудования.

К критическим дефектам можно отнести, такие дефекты как заземление трубопровода, отсутствие проектных опор, тяг, подвесок, а так же незначительные дефекты как отсутствие контргаек на резьбовых соединениях блоков и тяг опор, отсутствие антикоррозионного покрытия на элементах ОПС.

Выявление дефектов ОПС при проведении технических освидетельствований, ревизий, осмотров сопряжено со сложностью доступа к элементам подвесной системы трубопровода, так как зачастую они установлены над площадками обслуживания или под пролетами цехов и не имеют прямого доступа. Для полного и надлежащего осмотра элементов ОПС необходимо устанавливать дополнительные помосты или леса, что не всегда выполняется из-за высоких трудозатрат и сокращенных сроков планового ремонта.



Рис. 3. Отсутствие контргаек в элементах пружинных блоков, опорных металлоконструкциях или узлах крепления.



Рис. 4. ОПС трубопроводов, установленная в местах повышенной влажности имеет коррозионный износ резьбовых соединений, вследствие отсутствия антикоррозионного покрытия.



Рис. 5. Заземление трубопровода в местах прохода трубопроводов через стены, перекрытия и площадки обслуживания из-за недостаточных размеров отверстий в них.



Рис. 6. Деформация основания опоры, вследствие установки непроектных несущих конструкций.



Рис. 8. Перекос центральной тяги в месте прохода через направляющие элементы, вследствие значительных горизонтальных усилий.



Рис. 7. Наличие на пружинных блоках не демонтированных монтажных стяжек или стяжек, у которых в сделана прорезь.



Рис. 9. Повреждения основания неподвижной опоры вследствие нерасчетных эксплуатационных усилий.



Рис. 10. Сход пружинного блока опоры с направляющих.

При реконструкции паропроводов и опорно-подвесных систем их креплений продолжает иметь место использование элементов опорно-подвесной системы, эксплуатация которых выявила их ненадежность (катково-пружинные опоры), т.к. не учитываются влияния ответвлений и пространственных смещений оборудования в местах присоединения к нему паропроводов, а также пространственные перемещения соседних трубопроводов, что нередко приводит к заземлениям [5].

Так же дополнительные (нерасчетные) нагрузки могут возникать вследствие ремонтных работ на трубопроводах, связанных с заменой забракованных элементов трубопровода (гибов, прямых участков труб) и установки их с увеличенной толщиной в сравнении с проектными величинами.



Рис. 11. Выпадение катка из каткового блока в следствии деформации угольника обоймы (катковой) пружинно-катковой опоры.



Рис. 12. установлены непроектные комплектующие скользящей опоры. Отсутствует сварной шов приварки скользящей площадки к телу трубы.

Основным фактором проведения расчетов на прочность и самокомпенсацию является истощение паркового ресурса, расчетного или назначенного срока службы трубопровода. Необходимость проведения расчетов может возникнуть до истощения срока службы трубопроводов, при обнаружении дефектов, вызывающих сомнения в прочности



конструкции, или дефектов, причину которых установить затруднительно.

Надежная и безопасная эксплуатация ОПС трубопроводов может быть обеспечена при выполнении следующих условий:

1. При выполнении капитальных ремонтов по замене элементов трубопровода должны учитываться весовые нагрузки самих элементов и тепловой изоляции в целом. После проведения всех работ связанных с заменой элементов, необходимо проводить тщательный осмотр элементов ОПС с целью удаления всех временных опор и стяжек, восстановления работоспособности демонтированных опор, если такие были, а при необходимости провести расчет ОПС (если замененные элементы имели толщину больше проектной), с последующей ее наладкой.

2. Срезка стяжек может быть произведена только по окончании следующих монтажных операций: выполнения холодной растяжки трубопровода, гидравлического его испытания, установки реперных устройств и наложения изоляции на трубопровод [6, п.5.7.4].

2. Установка стационарных смотровых площадок, подмостей для доступа к элементам ОПС.

3. Своевременное устранение дефектов ОПС, выявленных при наружных осмотрах трубопроводов.

4. Выполнения периодичности и объемов проверки ОПС в соответствии с требованиями нормативных документов.

4.1. Наружный осмотр, в соответствии требованиями: [3.

п.п.398, 399.] проводятся как владельцем оборудования, так и уполномоченной специализированной организацией. Ответственный за исправное состояние и безопасную эксплуатацию оборудования совместно с ответственным за производственный контроль проводят осмотр трубопровода перед проведением и после окончания планового ремонта, но не реже 1 раза в 12 месяцев. Периодическое освидетельствование трубопроводов проводят не реже одного раза в три года, если иные сроки не установлены в руководстве (инструкции) по эксплуатации [3].

4.2. Соответствие фактического исполнения трубопроводов проекту, сопоставление фактических размеров опор и индикаторов температурных расширений с проектными данными, визуальный осмотр в горячем и холодном состоянии проводится в соответствии с требованиями [1. п.п. 3.10.1].

4.3 Ревизия ОПС с требованиями, установленными в документе [7].

4.4. Проверка степени затяжки пружин подвесок и опор в рабочем и холодном состоянии, отсутствие зацементирований и повышенной вибрации трубопроводов, а также размеры тепловых перемещений трубопроводов и их соответствие расчетным значениям по показаниям индикаторов проводится с периодичностью и в объеме установленными документом [8].

Литература

1. РД 153-34.1-39-401-00 «Методические указания по наладке трубопроводов тепловых электростанций, находящихся в эксплуатации».



2. «Возможные причины повреждений главных паропроводов энергоблоков 800 МВт Сургутской ГРЭС-2», Попов А.Б., к.т.н., АО «фирма ОРГРЭС», «Возможные причины повреждений главных паропроводов энергоблоков 800 МВт Сургутской ГРЭС-2.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утвержденные Приказом Федеральной службы по экономическому, технологическому и атомному надзору от 25.03.2014г. №116.
4. «Влияние ОПС крепления на надежность работы паропроводов», Гофман Ю.М., к.т.н., Костырев Р.Ю., АО «Свердловэнерго».
5. «Повышение живучести паропроводов ТЭС на основе совершенствования опорно-подвесной системы» автореферат, к.т.н. Дитяшев Борис Дмитриевич.
6. РД 34.39.201 «Инструкция по монтажу трубопроводов пара и воды на тепловых электростанциях».
7. РД 10-577-03 «Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций».
8. СО 153-34.20.501-2003 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.



КРИТЕРИИ ОТНЕСЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ К ОБЪЕКТАМ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Точилов А.В.

Эксперт в области промышленной безопасности Енисейского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

12.10.2015

С введением соответствующих изменений Федерального закона от 04.03.2013 N 22-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [3], в Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2] возникала проблема точной идентификации проектной документации на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт и техническое перевооружение опасных производственных объектов (далее – ОПО).

Строительство, реконструкция и капитальный ремонт, согласно градостроительному кодексу [1], подлежат государственной и негосударственной экспертизе, а не экспертизе промышленной безопасности. Ранее, до вступления в силу градостроительного кодекса [1], точная идентификация подобной проектной документации не играла особенной роли — все виды проектной документации на ОПО по старой редакции статьи 13 федерального закона [2] подлежали экспертизе промышленной безопасности (далее – ЭПБ).

Обычно в наименовании заключения присутствовала та формулировка, что и в наименовании проекта, проходящего экспертизу (строительство, реконструкция, и пр.). Не тратя время на обсуждение

целесообразности подобного нововведения, необходимо констатировать, что вопрос правильной идентификации объектов экспертизы документации на техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию ОПО), оказавшихся «на стыке» разных видов экспертиз, приобрел особенную важность.

Заказчики экспертизы и экспертные организации намеренно или ненамеренно, в отдельных случаях, прибегают к подмене этих терминов: например, проектная документация на строительство и реконструкцию ОПО выдается за документацию на техническое перевооружение. Поэтому при рассмотрении заключений на подобную документацию нельзя руководствоваться только ее наименованием, которое выбрал заказчик (разработчик проекта) — необходимо анализировать характер работ, которые предполагается провести по проходящему экспертизу проекту.

Согласно формулировке, приведенной в градостроительном кодексе [1], термин «строительство» — создание зданий, строений, сооружений (в том числе на месте сносимых объектов капитального строительства), «реконструкция» — изменение параметров объектов капитального строительства, их частей (высота, число этажей, площади, объема), в том числе надстройка,



перестройка, расширение объекта капитального строительства, а также замена и (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, а также замена (или) восстановление несущих строительных конструкций объекта капитального строительства, за исключением замены отдельных элементов таких конструкций на аналогичные или улучшающие показатели таких конструкций элементов и (или) восстановление указанных элементов.

Согласно формулировке, приведенной в федеральном законе [2] техническое перевооружение опасного производственного объекта - приводящие к изменению технологического процесса на опасном производственном объекте, внедрение новой технологии, автоматизации опасного производственного объекта или его отдельных частей, модернизация или замена применяемых на ОПО технических устройств.

Формулировка согласно письма Минфина [4] модернизация – это совокупность работ по усовершенствованию объекта основных средств, приводящая к повышению технического уровня и экономических характеристик объекта, осуществляемая путем замены его конструктивных элементов и систем более эффективными.

Следовательно для технических устройств реконструкция – это работы, не приводящие к изменению паспортных параметров, а модернизации - это условие когда паспортные параметры изменяются в лучшую сторону.

Автор считает, что можно сделать вывод о том, что техническое перевооружение ОПО предусматривает модернизацию -

изменение параметров объекта при водящих к повышению экономических характеристик объекта.

Реконструкцией ОПО считается изменение параметров капитального строительства с сохранением характеристик ОПО и соответственно речи, о необходимости проведения ЭПБ документации на данную работу не идет.

Поэтому, как указывалось ранее, нельзя идентифицировать объект экспертизы только по наименованию комплекта документации, проходящей экспертизу. Необходимо обязательно анализировать характер работ, проводимых по данному проекту, в наименовании и в самом заключении экспертная организация должна привести достаточно информации для его точной идентификации по рассмотренным критериям.

По мнению автора, для облегчения идентификации объектов экспертизы при внесении в реестр заключений, в случае ЭПБ документации на техническое перевооружение ОПО, необходимо указывать наименование ОПО и сведения о его классе опасности. Наименование заключения в таком случае должно быть сформулировано например как «Заключение экспертизы промышленной безопасности документации на техническое перевооружение опасного производственного объекта II класса опасности «установка бака стабилизации пека в ДППАМ ОАО «Русал Красноярск»».

Из предлагаемого варианта формулировки наименования заключения ЭПБ видно, что в первой части наименования объект экспертизы (документация) идентифицируется в соответствии с терминологией федерального закона



[2] (техническое перевооружение ОПО), а во второй части присутствует наименование документации (объекта экспертизы), которое дал ему заказчик.

Правильность идентификации при внесении в реестр заключений заключения оценивается, естественно, по первой части наименования заключения. По мнению автора, подобная конкретизация в наименовании заключения (включая наименование ОПО и сведения об его классе опасности) будет способствовать предотвращению манипуляций с терминологией в целях выбора удобного для себя вида экспертизы проектной документации (ЭПБ или государственной и

негосударственной экспертизы). Весьма сложно будет документацию на строительства нового ОПО (естественно, не имеющего названия, класса опасности и регистрационного номера, который необходимо указать в наименовании заключения) выдать за проект технического перевооружения. Для этого при рассмотрении документации нужно запрашивать у заказчика свидетельство о регистрации ОПО и сведения характеризующие ОПО. Это поможет исключить случаи проведения экспертизы промышленной безопасности документации, не подлежащей данному виду экспертизы.

Литература

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации.
2. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
3. Федеральный закон от 04.03.2013 N 22-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
4. Письмо Минфина России № 02-05-10/383 от 05.02.2010.

ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИЙ НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ (ГРС)

УДК 621.64

Бельшев В.Н.	Технический директор ООО «Протос Экспертиза»
Тукачёв А.В.	Главный инженер ООО «Протос Экспертиза»
Титов А.А.	Начальник отдела экспертиз технических устройств ООО «Протос Экспертиза»
Ефремова А.А.	Начальник отдела разработки и экспертизы документации ООО «Протос Экспертиза»
Богатова Н.М.	Эксперт отдела экспертизы технических устройств Средне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

14.10.2015

Согласно [1], газораспределительные станции (далее по тексту ГРС) предназначены для подачи газа населенным пунктам, промышленным предприятиям и другим потребителям в заданном количестве, с определенным давлением, необходимой степенью очистки, одоризации и учетом расхода газа.

ГРС состоит из следующих основных узлов [1]:

- узел переключения – предназначен для переключения потока газа высокого давления с автоматического на ручное регулирование давления газа по обводной линии;
- узел очистки газа – служит для предотвращения попадания механических примесей и жидкостей в технологические трубопроводы, оборудование, средства контроля и автоматики станции и потребителей;
- узел предотвращения гидратообразования – предназначен для предотвращения обмерзания арматуры и образования кристаллогидратов в газопроводных коммуникациях и арматуре;

- узел редуцирования – предназначен для снижения и автоматического поддержания заданного давления газа, подаваемого потребителям;
- узел учета газа – предназначен для коммерческого учета газа;
- узел одоризации газа – предназначен для придания запаха газу, подаваемого потребителю с целью своевременного обнаружения по запаху его утечек.

Рассмотрим ГРС с выходным давлением $P_{\text{вых}} = 6 \text{ кгс/см}^2$, с необходимой степенью очистки и одоризации. ГРС снабжается газом от магистрального газопровода – отвода Ду 300. На ГРС предусматривается:

- шесть ниток редуцирования, три выходные линии к потребителю (две линии Ду 400, одна линия Ду 300);
- очистка газа от пыли, капельной влаги и конденсата тяжелых углеводородов;
- редуцирование и поддержание газа заданного давления газа, $P_{\text{раб}} = 6 \text{ кгс/см}^2 \pm 10\%$;
- замер количества газа, подаваемого потребителям;
- одоризация газа.

Кроме этого, в комплексе ГРС входят устройства защитной автоматики и предупредительной сигнализации, обеспечивающие поддержание нормального технологического режима при выходе из строя основных (рабочих) регулирующих устройств и информирующие оператора на ГРС о нарушении нормальной работы станции.

На ГРС обращается опасное вещество – природный газ, который является взрывопожароопасным и при его контакте с кислородом может привести к образованию взрывопожароопасных газовоздушных смесей. Аварийная разгерметизация технологического оборудования ГРС может привести к загазованности территории и производственных помещений, а при наличии случайных источников зажигания к взрыву или горению облака топливно-воздушной смеси. Размеры зон поражения могут существенно изменяться в зависимости от объема выброса, характера аварийной ситуации, температуры окружающей среды, характера и температуры подстилающей поверхности и метеоусловий.

В результате анализа сведений об известных авариях на объектах, схожих по возможным опасностям с рассматриваемым объектом, позволяет отметить некоторые группы причин происшедших аварий, характеризующихся:

- *человеческим* фактором – нарушение правил ведения работы и ремонта технологического оборудования; ошибки и оплошности персонала ГРС; нарушение правил техники безопасности; нарушение правил пожарной безопасности; низкая производственная дисциплина;
- ошибками проектирования – неудовлетворительная конструкция системы; невозможность аварийного освобождения оборудования;

использование неподходящего материала;

- отказами оборудования и средств защиты – разрушение оборудования вследствие процессов коррозии; отказ уплотнения; неисправность запорно-регулирующей арматуры; неисправность противоаварийной защиты; выход параметров технологического процесса за расчетные значения;
- внешнее воздействие природного и техногенного характера – штормовые ветры и ураганы, снежные заносы, ливневые дожди, грозовые разряды, преднамеренные действия (теракт).

Виды возможных аварий и характер их воздействия на окружающую среду определяются номенклатурой опасных веществ, обращающихся на ГРС, их физико-химическими свойствами, особенностями технологических процессов, характеристиками применяемого технологического оборудования и устройств и особенностями их компоновки.

На основе анализа статистических данных аварийных ситуаций на аналогичных объектах, можно сделать вывод, что на ГРС реализуются аварии, сопровождающиеся:

- взрывами топливно-воздушных смесей (ТВС);
- факельным горением природного газа;
- разгерметизацией оборудования и выбросом природного газа в окружающую среду.

Основными поражающими факторами в случае возможных аварий являются тепловое излучение в результате факельного горения и воздушная ударная волна.

На основе анализа причин возникновения и факторов, определяющих исходы аварий, учитывая

особенности применяемых технологических процессов, свойства и распределение опасных веществ, и на основании методик [2-4] можно выделить следующие типовые сценарии аварии:

- сценарий 1 (С1) – загазованность, локализация аварийной ситуации.

- сценарий 2 (С2) – взрыв ТВС в помещении.
- сценарий 3 (С3) – взрыв ТВС на открытой площадке.
- сценарий 4 (С4) – факельное горение природного газа.

Табл. 1. Схемы развития типовых сценариев аварии на ГРС.

Сценарии	Схема развития сценария
С ₁ Загазованность, локализация аварийной ситуации	Полное (частичное) разрушение оборудования или трубопровода с опасным веществом (природный газ) → выброс опасного вещества → загрязнение окружающей природной среды
С ₂ Взрыв ТВС в помещении	Полное (частичное) разрушение оборудования или трубопровода с опасным веществом (природный газ) → выброс опасного вещества → образование ТВС + источник зажигания → взрыв ТВС в помещении → поражение оборудования и персонала ударной волной
С ₃ Взрыв ТВС на открытой площадке	Полное (частичное) разрушение оборудования или трубопровода с опасным веществом (природный газ) → выброс опасного вещества → образование ТВС + источник зажигания → взрыв ТВС → поражение оборудования и персонала ударной волной, загрязнение окружающей природной среды
С ₄ Факельное горение природного газа	Полное (частичное) разрушение оборудования или трубопровода с опасным веществом (природный газ) → истечение опасного вещества + источник зажигания → образование факельного горения → термическое поражение людей, сооружений и оборудования, загрязнение окружающей природной среды

Таблица 2. Схема развития возможных аварийных ситуаций применительно для оборудования ГРС.

Оборудование	Аварийная ситуация	Схема развития аварии
Трубопроводы природного газа (открытая площадка)	Разрыв трубопроводов, разрушение запорной арматуры	С1 Загазованность
		С3 Взрыв ТВС на открытой площадке
		С4 Факельное горение природного газа
Трубопроводы природного газа (помещение)	Разрыв трубопроводов, разрушение запорной арматуры	С1 Загазованность
		С2 Взрыв ТВС в помещении

Оборудование	Аварийная ситуация	Схема развития аварии
Сепаратор	Разгерметизация сепаратора	C1 Загазованность
		C3 Взрыв ТВС на открытой площадке

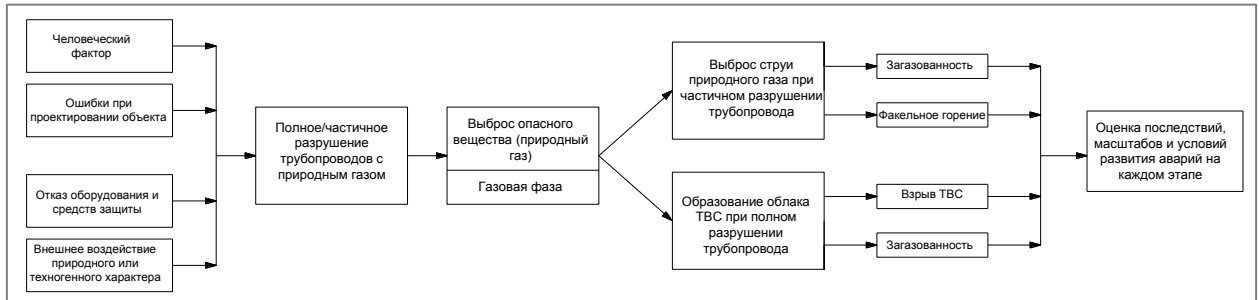


Рис. 1. Схема сценариев развития аварийной ситуации с указанием основных причин их возникновения при разгерметизации трубопроводов с природным газом.

Для проведения анализа последствий аварийных ситуаций необходимо определить количество опасных веществ, участвующих в создании поражающих факторов при реализации различных сценариев аварийной ситуации (табл. 3).

Табл. 3. Количество опасных веществ, участвующих в создании поражающих факторов при реализации различных сценариев аварийной ситуации.

№ сценария	Результат развития аварийной ситуации	Основной поражающий фактор	Количество опасного вещества, т	
			участвующего в аварийной ситуации	участвующего в создании поражающих факторов
C2	Взрыв ТВС в помещении при разрушении трубопровода	Ударная волна	0,01	0,03
C3	Взрыв ТВС на открытой площадке при разрушении трубопровода	Ударная волна	0,15	0,015
C4	Факельное горение природного газа	Тепловое излучение в результате факельного горения природного газа	0,15	0,15

Результаты расчета зон поражения воздушной ударной волной и тепловым излучением в результате факельного горения природного газа для рассматриваемых типов аварийных ситуаций приведены в таблице 4.

Табл. 4. Основные результаты расчета зон действия поражающих факторов.

Параметр	Номер группы сценария
	С2, С3, С4
Поражение ударной волной в результате взрыва ТВС [2]	
Полные разрушения (70,1 кПа), м	-
Сильные разрушения (34,5 кПа), м	-
Граница области возможных повреждений несущих конструкций (14,62 кПа), м	71
50% разрушение остекления (2,5 кПа), м	120
Тепловое излучение в результате факельного горения природного газа [4]	
Длина струи пламени, м	63
Максимальная ширина факела, м	9,5

Основными опасностями на ГРС являются аварии, связанные с разгерметизацией трубопроводов и оборудования, сопровождающиеся взрывами ТВС, факельным горением природного газа и загрязнением промышленной площадки.

Наиболее опасной аварией является факельное горение природного газа при разгерметизации трубопровода газа ГРС. При самых неблагоприятных обстоятельствах зоны действия поражающих факторов будут следующими:

- длина струи пламени – 63 метра;
- максимальная ширина факела – 9,5 метра.

В зону пламени может попасть соседнее оборудование и обслуживающий персонал, возможно смертельное поражение персонала горячей струей газа.

Помимо факельного горения природного газа возможны взрывы природного газа на открытой площадке. Из-за небольшого количества веществ, участвующих в создании поражающих факторов, полного разрушения оборудования не прогнозируется, 50% разрушение

остекления возможно на расстоянии до 120 м.

Наиболее вероятными авариями на объекте являются аварии, связанные с частичной разрушением трубопроводов и оборудования с последующей загазованностью территории. В результате этих аварий зоны поражений будут иметь локальный характер, а соседнему оборудованию не будет нанесен ущерб.

Наиболее опасной аварией является факельное горение природного газа при разгерметизации трубопровода газа ГРС. Частота реализации сценария составляет $2,6 \cdot 10^{-7}$ год⁻¹.

На объекте наиболее вероятной аварией является загазованность на площадке в результате частичной разгерметизацией трубопровода газа. Постоянных рабочих мест в зоне нет. Частота реализации сценария не превысит $1,9 \cdot 10^{-3}$ год⁻¹.

Расчет зон последствий аварийных ситуаций используется при проектировании опасных производственных объектов, а также позволит спрогнозировать последствия развития аварии при реализации той или иной аварийной ситуации.



Помимо этого, расчет зон последствий аварийных ситуаций используется при разработке следующих документов:

- декларация промышленной безопасности;
- план мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте;

- паспорт безопасности опасного производственного объекта.

Литература

1. ВРД 39-1.10-069-2002 «Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов».
2. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утверждено Приказом Ростехнадзора от 20.04.2015 N 159).
3. Руководство по безопасности «Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ» (утверждено Приказом Ростехнадзора от 20.04.2015 N 158).
4. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПОМЕХ И ЛОЖНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ КОНТРОЛЕ И ОСОБЕННОСТИ ИХ РАСПОЗНАВАНИЯ

Шевченко А.В.	Эксперт отдела ЗиС Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Зубанев В.В.	Начальник лаборатории НК Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Бич А.Н.	Эксперт отдела ЭТУ Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Перовский К.Э.	Старший инженер отдела ЭТУ Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Митяков А.Н.	Эксперт отдела ЭТ Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

14.10.2015

Аннотация. Разобраны основные виды помех и ложных сигналов при ультразвуковом контроле и особенности их распознавания.

Ключевые слова: *несплошность металла, ложные сигналы, зона контроля, дифракционное рассеяние.*

Основными средствами ультразвукового контроля при проведении технического диагностирования технических устройств являются эхо-импульсные дефектоскопы отечественного и иностранного производства (рис. 1), которые обеспечивают выявление внутренних дефектов основного металла конструкций и сварных соединений типа трещин, расслоений, непроваров, несплавлений, пор и разного рода включений без расшифровки характера этих дефектов и определения их действительных размеров.

По сравнению с другими неразрушающими методами, ультразвуковой (далее – УЗ) контроль обладает следующими преимуществами:

- высокой чувствительностью к наиболее опасным дефектам типа трещин и непроваров;
- большой производительностью;

- возможностью вести контроль непосредственно на рабочих местах без нарушения технологического процесса;
- проведение контроля в режиме реального времени;
- низкой стоимостью контроля [1].



Рис. 1. Ультразвуковые дефектоскопы.

При проведении УЗ контроля признаком обнаружения дефекта является наличие на экране прибора в заданном участке развертки (зоне контроля) эхо - сигналов отражения ультразвуковой волны (рис. 2).

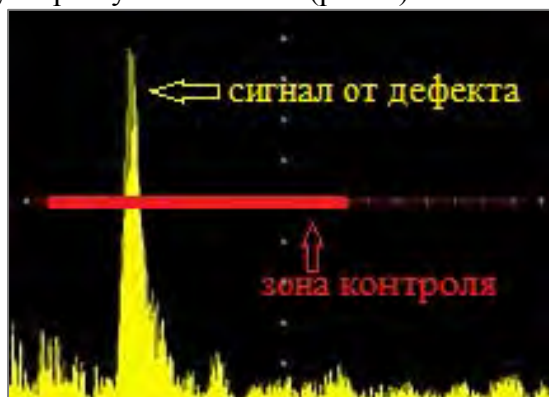


Рис. 2. Сигнал от дефекта.

В некоторых случаях причиной возникновения сигналов могут служить не только дефекты. Подобные импульсы можно условно разделить на помехи и ложные сигналы.

Целью исследования являлось изучение основных видов помех и ложных сигналов при УЗ контроле и выявление особенностей их распознавания.

По причинам возникновения помехи разделяют:

- *Электрические*, которые связаны с влиянием на приемный тракт дефектоскопа электромагнитных полей, возбуждаемых работающим оборудованием в процессе производства. От данного вида помех можно отстроиться экранировкой прибора и преобразователей.
- *Внешние акустические*, возникающие в результате трения или ударов по объекту контроля, они исчезают после прекращения воздействий.
- *Шумы преобразователя* (рис. 3), которые появляются в связи с многократным отражением

ультразвука в самом преобразователе, слое контактной жидкости. По мере удаления от зондирующего импульса эти помехи пропадают.

- *Структурные*, связанные с рассеянием ультразвука на структурных неоднородностях, зернах материала. Подобные сигналы, приходя к приемнику в один и тот же момент времени, складываются. В зависимости от фаз они могут взаимно усилить или ослабить друг друга и на некоторых участках развертки могут давать превосходящий средний уровень сигнал. Отличительная особенность таких помех – наличие большого количества импульсов на всей линии развертки экрана или на ее значительном участке. Сигналы от структурных помех быстро меняют свое положение, исчезают и появляются при незначительных перемещениях датчика.

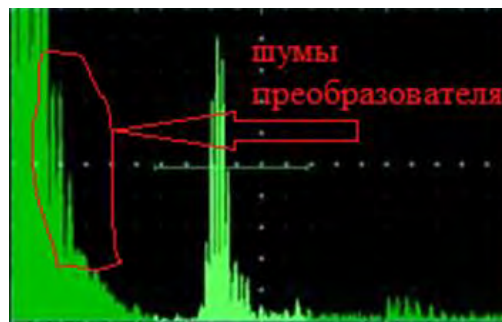


Рис. 3. Помехи преобразователя.

Обнаружение дефекта во время проведения толщинометрии, исходя из практики, часто сопровождается возникновением сигнала от помехи, спровоцированного повторным отражением в призме преобразователя (рис. 4) [2].

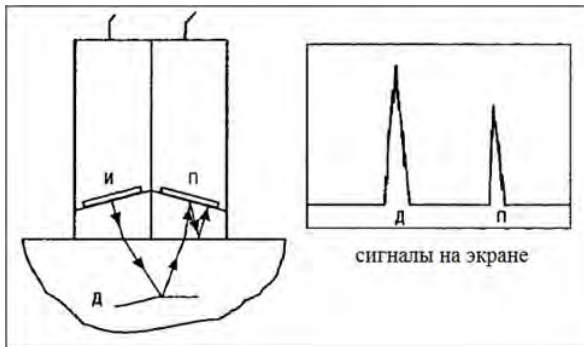


Рис. 4. Помехи при толщинометрии.

Наиболее распространенными ложными импульсами при УЗ контроле сварных соединений с V – образной разделкой кромок является сигналы от провисаний и утяжин шва (рис. 5).

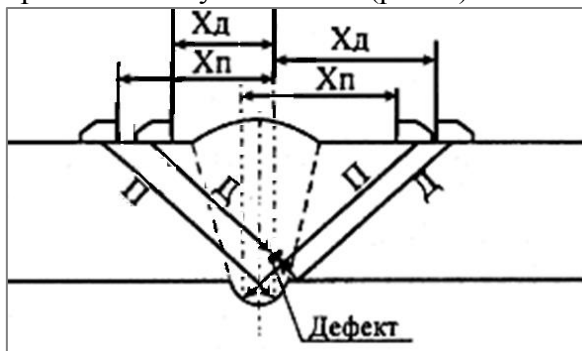


Рис. 5. Ложный сигнал от провиса.

В подобных случаях рекомендуется сравнение координат отражателей по поверхности при прозвучивании сварного шва с двух сторон. Координаты местонахождения дефекта остается неизменным, а сигнал от провиса и утяжины меняет свое положение.

Небольшие по амплитуде сигналы иногда появляются при незеркальном отражении ультразвука (рис. 6а), например, от дифракционного рассеяния на ребре двугранного угла возникают краевые волны, амплитуда которых зависит от формы ребра. Подобное явление может возникать от ребер А и В в корне шва (рис. 6б) и распознается по глубине залегания, приблизительно равной толщине объекта контроля.

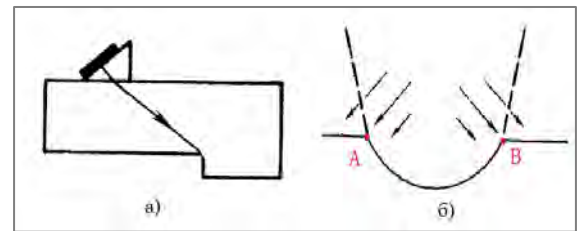


Рис. 6. Сигналы от краевых волн.

Нередко трудности возникают при контроле сварных соединений с подкладными кольцами. В положениях преобразователя 1 и 2 возникают сигналы от дефекта и от двугранного угла в подкладном кольце, у которых совпадают показания глубины (рис.7).

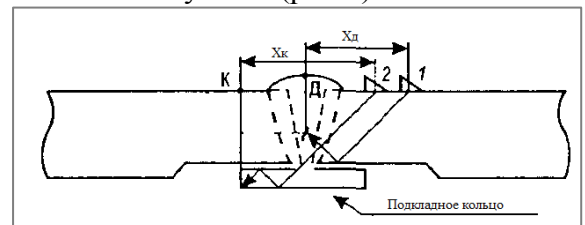


Рис. 7. Сигналы в подкладном кольце.

Отличить эти сигналы помогают следующие особенности:

- проекция сигнала от двугранного угла на поверхность сварного соединения в точке К находится, как правило, за пределами наплавленного металла;
- сигнал от кольца наблюдается на многих участках сварного шва.

Применение ультразвукового контроля качества сварных соединений ограничено для сталей аустенитного класса. Рассеяние ультразвука при контроле аустенитных сварных швов происходит на границах кристаллитов и на границе основного и наплавленного металла (рис.8), в связи с этим затруднено определение координат дефектов, особенно глубина залегания, и эквивалентной площади. Проблему помогает решить применение дополнительного контроля, например, рентгенографического.

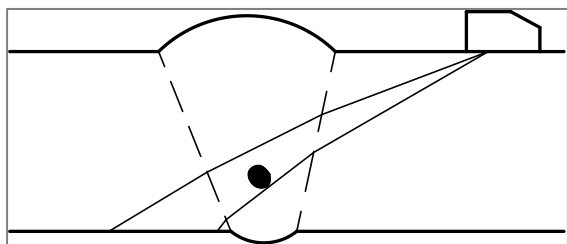


Рис. 8. Рассеяние ультразвуковых волн.

В результате, при анализе сигналов в объектах сложной формы необходимо использовать графическое

Литература

1. Алешин Н.П., Лупачев В.Г. Ультразвуковая дефектоскопия: Справ. Пособие. – Мн.: Выш. Шк., 1987. – 271 с.
2. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении. – СПб: Издательство «СВЕН», 2007. – 296

представление результатов с точной прорисовкой сечения сварного шва с ходом лучей и положением отражателей.

Учет особенностей распознавания ложных сигналов и помех при проведении УЗ контроля позволяет повысить качество обследования и снизить вероятность фиксации ошибочных сигналов.



АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

УДК 621.645

Глухова А.В.	Начальник отдела проектной документации и разрешения на применения Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Дедов В.В.	Инженер отдела проектной документации и разрешения на применения Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Богатова Н.М.	Эксперт по промышленной безопасности Средне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Бич А.Н.	Эксперт отдела экспертизы технических устройств Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Лебедев А.Л.	Начальник отдела экспертизы технических устройств Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

14.10.2015

Анализ опасности – выявление нежелательных событий, которые влекут за собой реализацию опасности, анализ механизма возникновения таких событий и масштаба их величины, способного оказать поражающее действие [3].

Анализ пожарной опасности объекта предполагает:

- анализ пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов на объекте;
- определение для каждого технологического процесса перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать ситуацию как пожароопасную;
- определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса;
- построение сценариев возникновения и развития пожаров, влекущих за собой гибель людей [3].

Согласно [3] анализ и оценка пожарной опасности производственных объектов (технологических процессов) проводится на основе оценки их риска.

Согласно [1] при анализе пожарной опасности производственных объектов (технологических процессов) проводится:

- определение пожарной опасности используемых в технологическом процессе веществ и материалов;
- построение сценариев возникновения и развития пожаров, повлекших за собой гибель людей;
- определение состава систем предотвращения пожара и противопожарной защиты технологических процессов;
- определение возможности образования в горючей среде источников зажигания;
- определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса производственного объекта;
- идентификация опасностей, характерных для производственного объекта;
- определение перечня причин, возникновение которых характеризует ситуацию как



- пожароопасную для каждого технологического процесса производственного объекта;
- разработка мероприятий по повышению пожарной безопасности технологических процессов и отдельных его участков, определение комплекса мер, изменяющих параметры технологического процесса до уровня допустимого пожарного риска;
 - определение возможности образования горючей среды внутри помещений, аппаратов, трубопроводов;
 - изучение технологического процесса (технологического регламента) на всех стадиях технологического процесса;
 - расчет категории помещений, зданий и наружных установок по взрывоопасной и пожарной опасности.

Сопоставление показателей пожарной опасности веществ и материалов, обращающихся в технологическом процессе, с параметрами технологического процесса предусматривается анализом пожарной опасности технологической среды и параметрами технологических процессов на объекте.

Посредством сопоставления параметров технологического процесса и иных источников зажигания с показателями пожарной опасности веществ и материалов определяется перечень потенциальных источников зажигания пожароопасной технологической среды.

На основе анализа пожарной опасности каждого из технологических процессов, предусматривающего выбор ситуаций, при реализации которых возникает опасность для людей, находящихся в зоне поражения опасными факторами пожара, взрыва и сопутствующими проявлениями опасных

факторов пожара осуществляется определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса.

Ситуации, в результате которых не возникает опасность для жизни и здоровья людей, не подлежат рассмотрению. Они не учитываются при расчете пожарного риска.

Для любой пожароопасной ситуации на объекте приводится описание причин возникновения и развития пожароопасных ситуаций, их мест возникновения и факторов пожара, которые представляют опасность для жизни и здоровья людей в местах их пребывания.

События, реализация которых может привести к образованию горючей среды и появлению источника зажигания, рассматриваются для определения причин возникновения пожароопасных ситуаций.

Наиболее вероятные события, которые могут являться причинами пожароопасных ситуаций на объектах:

1. механическое повреждение оборудования в результате некачественного проведения ремонтных и регламентных работ, ошибок работника, падения предметов и т.п. (например, выход из строя элементов оборудования защиты в результате повреждения при ремонте или столкновения с железнодорожным или автомобильным транспортом или его разгерметизация);

2. разгерметизация технологического оборудования, которая была вызвана механическим (динамических нагрузок, влияние повышенного или пониженного давления и т.п.), температурным (влияние пониженных или повышенных температур) и агрессивным химическим (влияние сероводородной, кислородной, биохимической и электрохимической коррозии) воздействием;

3. нарушение технологического регламента, которое вызывает выход параметров технологических процессов за критические значения (например, появление источников зажигания в местах образования горючих газопаровоздушных смесей, разрушение оборудования вследствие превышения давления по технологическим причинам, перелив жидкости при сливо-наливных операциях) [2].

При необходимости, на основе анализа пожарной опасности объекта проводится определение комплекса дополнительных мероприятий, которые изменяют параметры технологического процесса до уровня, обеспечивающего допустимый пожарный риск.

Деление технологического оборудования осуществляется для выявления пожароопасных ситуаций

(технологических систем), при их наличии на объекте, на участке. Исходя из возможности отдельной герметизации этих участков, при возникновении аварии выполняется указанное деление. Рассматриваются пожароопасные ситуации как на основном, так и вспомогательном технологическом оборудовании, а также учитывается возможность возникновения пожара в зданиях, сооружениях и строениях (далее по тексту - здания) различного назначения, расположенных на территории объекта.

В перечне пожароопасных ситуаций применительно к каждому участку, технологической установке, зданию объекта выделяются группы пожароопасных ситуаций, которым соответствуют одинаковые модели процессов возникновения и развития

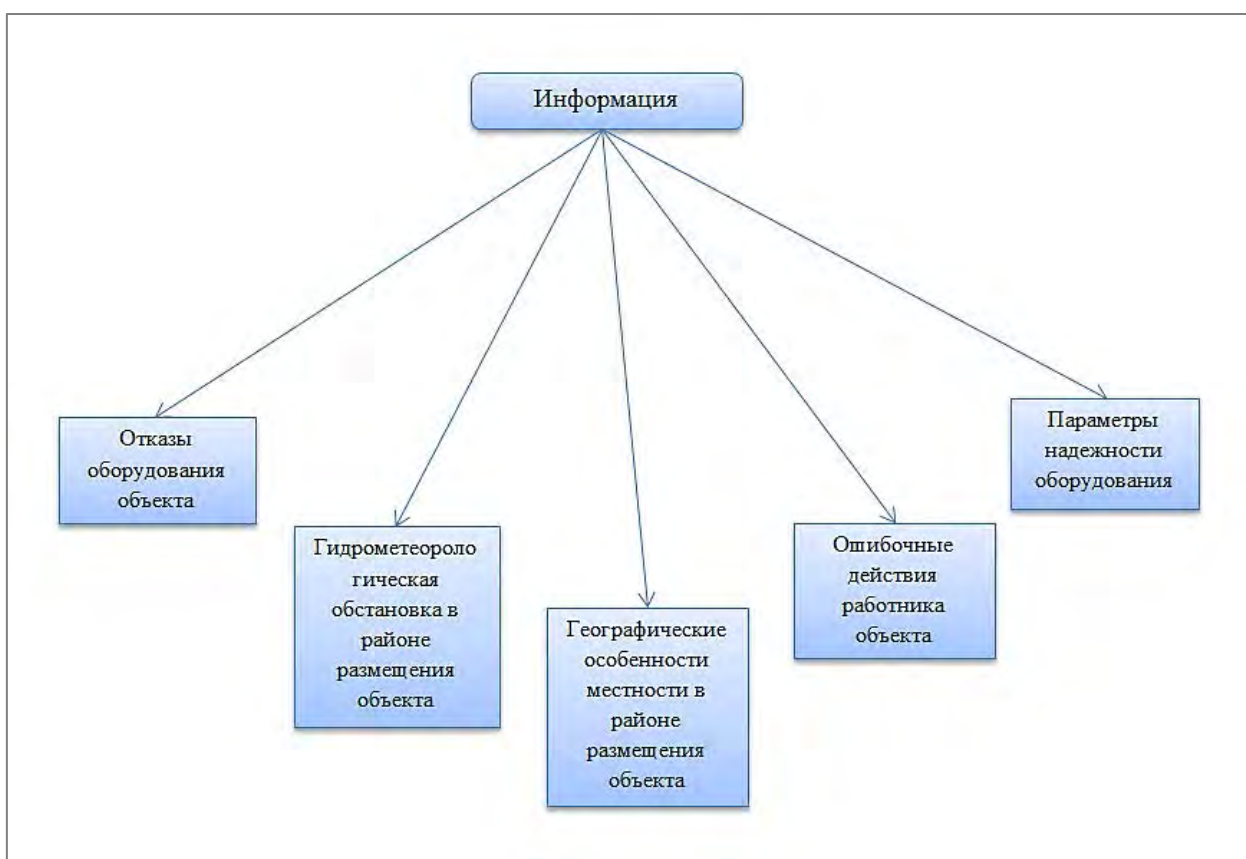


Рис. 1. Информация для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций на объекте.

Утечки при различных диаметрах истечения (в том числе максимальные - при полном разрушении оборудования или подводящих/отводящих трубопроводов) рассматриваются при анализе пожароопасных ситуаций, которые связаны с разгерметизацией технологического оборудования [2].

Статистические данные по аварийности или расчетные данные по надежности технологического оборудования, соответствующие специфике рассматриваемого объекта, могут использоваться для определения частоты реализации пожароопасных ситуаций.

Непосредственно из данных о функционировании исследуемого объекта или из данных о функционировании других подобных объектов может быть получена информация о частотах реализации пожароопасных ситуаций (в том числе возникших в результате ошибок работника), необходимая для оценки риска.

При построении полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития учитываются:

- тепловое излучение при факельном горении, пожарах проливов горючих веществ на поверхность и огненных шарах;
- задымление атмосферы помещения;
- снижение концентрации кислорода в воздухе помещения;
- среднеобъемная температура в помещении;
- концентрация токсичных компонентов продуктов горения в помещении;

- избыточное давление и импульс волны давления при разрыве сосуда (резервуара) в результате воздействия на него очага пожара;
- избыточное давление при сгорании газопаровоздушной смеси в помещении;
- избыточное давление и импульс волны давления при сгорании газопаровоздушной смеси в открытом пространстве.

На основе анализа физических явлений, протекающих при пожароопасных ситуациях, пожарах, взрывах проводится оценка величин указанных факторов. При этом рассматриваются процессы, возникающие при реализации пожароопасных ситуаций и пожаров или являющиеся их последствиями (в зависимости от обращающихся на объекте горючих веществ и от типа оборудования).

При необходимости, рассматриваются иные процессы, которые могут иметь место при возникновении пожароопасных ситуаций и пожаров [2].

Метод логических деревьев событий рекомендуется использовать для определения возможных сценариев возникновения и развития пожаров (далее по тексту - логическое дерево).

Сценарий возникновения и развития пожароопасной ситуации (пожара) на логическом дереве отражается в виде последовательности событий от исходного до конечного события (далее по тексту - ветвь дерева событий).

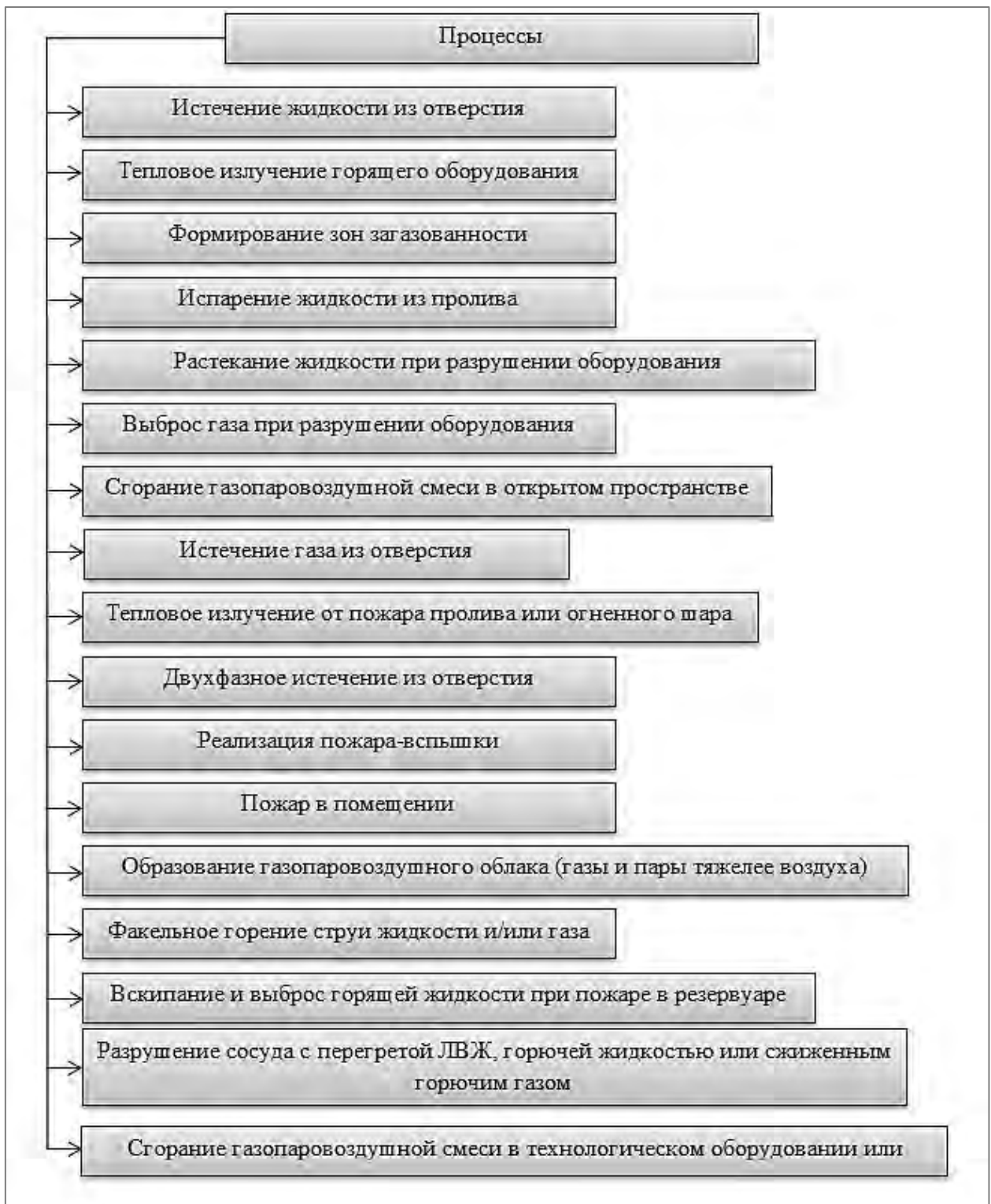


Рис. 2. Процессы при реализации пожароопасных ситуаций и пожаров.



При построении логического дерева событий используются:

- вероятность эффективного срабатывания соответствующих средств предотвращения или локализации пожароопасной ситуации или пожара (принимается исходя из статистических данных, публикуемых в научно-техническом журнале "Пожарная безопасность" или по паспортным данным завода-изготовителя оборудования);
- вероятность поражения расположенного в зоне пожара технологического оборудования и зданий объекта в результате воздействия на них опасных факторов пожара, взрыва;
- условная вероятность реализации различных ветвей логического дерева событий и перехода пожароопасной ситуации или пожара на ту или иную стадию развития.

Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара, взрыва на людей для различных сценариев их

развития осуществляется на основе сопоставления информации о моделировании динамики опасных факторов пожара на территории объекта и прилегающей к нему территории и информации о критических для жизни и здоровья людей значениях опасных факторов пожара, взрыва. Для этого используются критерии поражения людей опасными факторами пожара.

Определение числа людей, попавших в зону поражения опасными факторами пожара, взрыва предусматривается при оценке последствий воздействия опасных факторов пожара, взрыва на людей для различных сценариев развития пожароопасных ситуаций.

Вероятностные критерии поражения людей опасными факторами пожара используются для оценки пожарного риска. При невозможности применения вероятностных критериев используются детерминированные критерии.

Литература

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изменениями и дополнениями);
2. Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 N 404(ред. от 14.12.2010)"Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах";
3. ГОСТ Р 12.3.047-2012 ССБТ «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».



ТИПИЧНЫЕ НАРУШЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

УДК 69.059, 664.724

Маринин В.М.

Эксперт в области промышленной безопасности Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Филяков В.В.

Эксперт в области промышленной безопасности Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

14.10.2015

Ключевые слова: взрывопожароопасность, объекты хранения и переработки растительного сырья.

Здания и сооружения на объектах хранения и переработки растительного сырья, построены примерно в 1970-80-е годы. Это здания в основном из монолитного и сборного железобетона (элеваторы, мукомольные предприятия) и кирпичные (зерносклады).

Большинство этих зданий в настоящее время не в полной мере соответствуют требованиям промышленной безопасности.

Объясняется это тем, что в то время не уделялось достаточно внимания к взрывоопасным технологическим процессам при хранении и переработке зерна и легкобрасываемым конструкциям в зданиях и помещениях.

Само понятие «легкобрасываемые конструкции» (далее ЛСК) появилось в СНиП II-М.2-62 «Производственные здания промышленных предприятий», введенный в 1963 году, однако и там зерновые элеваторы были отнесены только к пожароопасным объектам, то есть к категории «В». Взрывопожароопасными считались выбойные и размольные отделения мельниц, которые относились к категории «Б».

Однако серия взрывов на предприятиях хранения и переработки зерна в 1970-1990 годах заставила ужесточить правила эксплуатации оборудования на элеваторах.

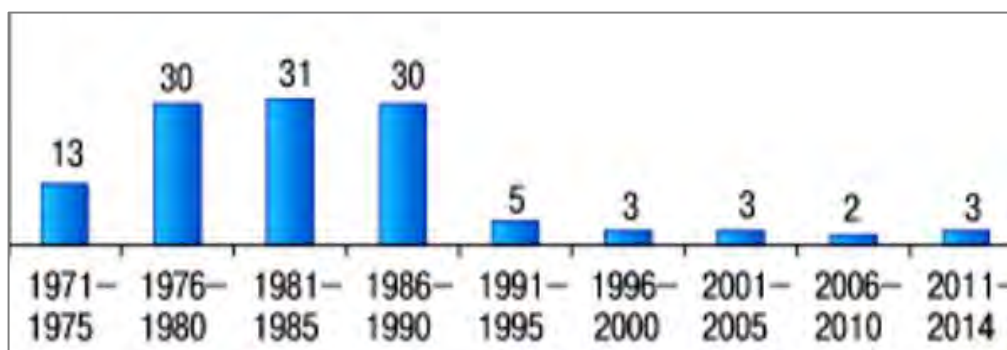


Рис.1. Количество взрывов на предприятиях хранения и переработки зерна по годам [4].

После создания в 1990 году Управления по надзору на предприятиях хлебопродуктов количество взрывов резко снизилось (рис. 1).

1. Элеваторы стали относиться к взрывоопасным производственным объектам, но строительство их из железобетона уже прекратилось, а в существующих зданиях имелась нехватка легкобрасываемых конструкций, то есть несоответствие площади существующих оконных проёмов, используемых в качестве легкобрасываемых конструкций, установленным требованиям [3, п. 78-81].

В подсилосных этажах существующих элеваторов процент обеспеченности ЛСК составляет 40-50% от площади остекления, в надсилосных этажах 50-90% в зависимости от типа элеватора.

Также типичным недостатком остекления помещений элеватора являются мелкие стекла в оконных блоках, то есть площадью отдельных стекол меньше требуемых $0,8\text{ м}^2$ по нормативам. Иногда по общей площади проёмов помещение соответствует нормам по ЛСК, а размеры отдельных стекол не позволяют отнести это помещение к отвечающим требованиям нормативам [3].

Другим распространенным нарушением требований промышленной безопасности является отсутствие тамбур-шлюзов между помещениями категории «Б» и помещениями других категорий. Однако в последнее время положение в этой области меняется к лучшему. Всё чаще встречаются тамбур-шлюзы малой глубины с металлическими дверями на пружинах, и даже есть примеры установки сертифицированных противопожарных дверей с доводчиками.

Что касается эвакуационных выходов из подсилосных и надсилосных помещений элеваторов, то там зачастую стоят ржавые, с трудом открываемые, а

нередки случаи и закрученные проволокой двери. Также есть примеры закладки дверных проёмов эвакуационных выходов кирпичной кладкой, что недопустимо.

В надсилосных этажах элеваторов двери эвакуационных выходов ведут на наружные металлические лестницы. Согласно [3, п.97; 5, п. 4.42] эвакуационными считаются только маршевые лестницы с уклоном маршей 1/1 (рис. 2).

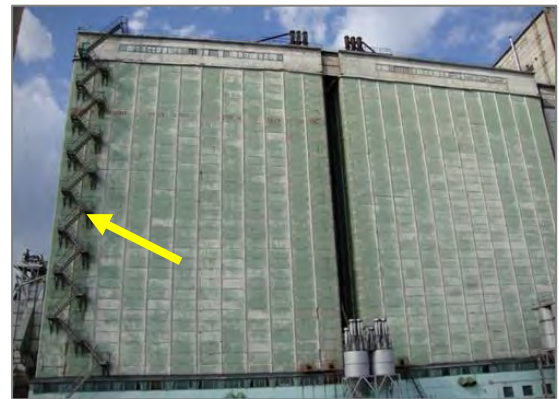


Рис. 2. Эвакуационная лестница.

На практике такими лестницами оснащены примерно 30% силкорпусов элеваторов. Остальные имеют только вертикальные пожарные лестницы. Спустится по такой лестнице в случае пожара будет крайне сложно и опасно (рис. 3).



Рис. 3. Пожарная лестница

Для минимизации вероятности взрыва всё оборудование на

предприятиях хранения и переработки зерна должно быть оснащено системой обеспыливания – аспирацией. Она должна ежегодно проходить проверку эффективности с составлением соответствующего акта [6]. Однако не все предприятия проводят такую проверку, или проводят её раз в несколько лет.

На небольших хлебоперерабатывающих предприятиях с малым количеством работающих аспирация может вообще отсутствовать, или не работать. Это чаще всего связано с некомпетентией руководства.

Повреждения железобетонных конструкций элеваторов можно условно разделить на два типа: естественные и искусственные.

Естественные – это воздействие дождя, снега и ветра, старение материала, коррозия и оголение арматуры.

Для сборных железобетонных силкорпусов из объемных элементов опасность представляет выпадение раствора из швов между этими элементами. Могут появиться сквозные отверстия и возможность попадания дождя в силосы с зерном. Увлажнение зерна может вызвать его разогревание и последующий пожар, который невозможно потушить. Согласно Методическим рекомендациям Росрезерва от 21.02.2007 г. №18, в элеваторах из сборного железобетона партии зерна Росрезерва должны быть размещены во внутренних силосах, чтобы не допустить возможного попадания влаги через щели между объемными блоками силосов и обеспечить количественно-качественную сохранность сырья при длительном хранении.

Искусственные повреждения – это повреждения при эксплуатации и реконструкции элеваторов. Например, при переносе трубопроводов аспирации или самотеков в перекрытиях вырубают

отверстия, а старые не заделывают, или если при монтаже нории встречается железобетонная балка монолитного перекрытия, её разрезают вместе с арматурой. Сборные железобетонные балки надсиловых этажей тоже часто становятся жертвой реконструкций – для крепления труб и кабелей нижний пояс балки разбивают кувалдой и оголяют арматуру, к которой и привязывают кабели.

Все эти работы выполняются без всяких проектов и согласований, на свой страх и риск и являются следствием низкой квалификации и безответственностью руководства и исполнителей.

Верхние два этажа рабочей башни из сборного железобетона выполняются каркасными из стальных балок и швеллеров. Основной недостаток несущих стальных конструкций – низкая огнестойкость по сравнению с железобетоном. Если железобетонная колонна имеет огнестойкость от 1 до 3 часов [7], то стальная колонна без огнезащиты максимум 15 минут. Здание элеватора относится ко II степени огнестойкости [8], и несущие элементы таких зданий должны выдерживать 90 минут [9].

Из этого следует, что стальные колонны обязательно должны иметь огнезащиту, однако на практике это почти никогда не выполняется. Лишь только один элеватор из обследованных имел огнезащиту стальных конструкций из цементно-песчаного раствора, выполненную при строительстве.

Вышеперечисленные нарушения при неблагоприятном стечении обстоятельств могут привести к аварийным ситуациям. Основная причина появления таких нарушений является низкая квалификации и безответственностью руководства.



Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ « О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (действующая редакция от 13.07.2015г.)
2. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" (действующая редакция от 02.07.2013г.)
3. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21 ноября 2013 г. № 560 “Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности взрывопожароопасных производственных объектов хранения и переработки растительного сырья»
4. Бритиков Д.А. Надзору на взрывопожароопасных производственных объектах хранения и переработки растительного сырья – 25 лет. «Безопасность труда в промышленности» №6-2015.
5. СП 1.13130-2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.
6. Правила эксплуатации установок очистки газа. Текст документа по состоянию на 1 марта 2008 года.
7. Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов. Утверждено приказом ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР от 19 декабря 1984 г. № 351/л.
8. СП 2.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
9. Федеральный закон №123-ФЗ от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».



О СВЯЗИ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ АЭ С ПРОЦЕССАМИ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИЯ БЕТОНОВ

УДК 539.42, 620.179

Вакатов А.В.	Эксперт по объектам котлонадзора и сосудов, работающих под давлением Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Куценко М.М.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Чуфарь М.В.	Инженер-дефектоскопист ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Зорин П.Н.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Бикинеев Д.В.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»

14.10.2015

На сегодняшний день бетон является наиболее широко применяемым строительным материалом, поэтому необходимость разработки физически обоснованной теории процессов его разрушения является актуальным вопросом.

Наряду с разрушающими методами оценки бетонных конструкций используют и неразрушающие. Одним из перспективных неразрушающих методов контроля в этой области является *акустическая эмиссия (АЭ)*.

Согласно ГОСТ 17624-87 [1] прочность бетона в конструкциях определяют по экспериментально установленным градировочным зависимостям «скорость распространения ультразвука - прочность бетона».

В соответствии с современными представлениями о механике разрушения акустическая эмиссия позволяет выявить существование минимум трех стадий деформирования бетона под действием механического нагружения до потери несущей способности:

- стадия уплотнения в границах от 0 до (0,3 – 0,5) R, когда происходят сдвиги начальных пор материала (R – предел прочности бетона на растяжение при изгибе);
- стадия появления микротрещин при нагрузке в границах от 0,3R до 0,8R, когда большие трещины и микродефекты возникают в локальных зонах микроразрушения и образуется развивающаяся сеть микротрещин;
- стадия появления макротрещин при нагрузке 0,8 R и выше, когда происходит образование магистральных трещин, выходящих на поверхность, начинает стремительно развиваться разрушение бетона.

Однако по-прежнему нерешенной остается проблема информационного содержания регистрируемых сигналов АЭ в процессе деформирования и разрушения бетонных и железобетонных элементов конструкций.

В связи с чем было организовано исследование на модельных образцах с учетом влияния фактора наличия/отсутствия крупного наполнителя. Для этого были изготовлены образцы трех типов (см. Рис.1.):

1. Бетонный куб со стороной 7см;
2. Куб со стороной 7см из цементно-песчаной смеси;
3. Бетонный куб со стороной 7см с закрепленной внутри арматурой диаметром 7мм (железобетон).

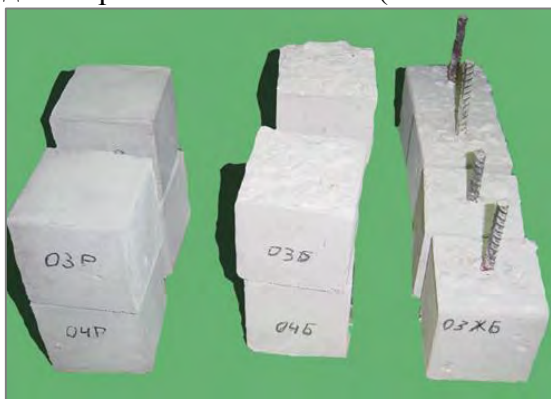


Рис.1. Образцы до испытаний.

Для всех образцов в качестве вяжущего использовался портландцемент М150. В качестве крупного заполнителя для образцов первого и третьего типов был применен щебень из гранитных и известняковых пород фракции 20. Мелкий заполнитель представлен речным песком с модулем крупности 2,2. Водоцементное отношение (В/Ц) для всех типов образцов составляло 0,6. Весовые отношения цемент/мелкий заполнитель/крупный заполнитель для образцов первого и третьего типов составляет 1/3/4. Для образцов 2-ого типа отношение цемент/мелкий заполнитель составляет 1/3. Уплотнение производилось путем вибрирования готовых форм на специализированном стенде. Набор прочности образцов осуществлялся при нормальных условиях (температура 15-20°С и относительная влажность окружающего воздуха 90-

100%) в течении 28 суток. Согласно СНиП 2.03.01-84 [2] для бетонов класса прочности В10 расчетное значение сжатие призмной прочности (осевое сжатие) составляет = 7,5МПа.

Образцы были соответственно промаркированы по типу и скорости испытаний. Первая буква в маркировке означает тип образца, вторая – скорость нагружения мм/мин, третья порядковый номер образца. Всего было изготовлено восемнадцать образцов.

Для проведения механического нагружения образцов использовалась разрывная машина 1231У-10 (опытный завод НИКИМП, г. Москва), представленная на Рис. 2.



Рис. 2. Испытательная машина для статических испытаний 1231У - 10.

Для регистрации и записи сигналов акустической эмиссии использовалась акустико-эмиссионная система ЭЯ-2 (см. Рис.3).



Рис. 3. Установка ЭЯ-2 в развернутом состоянии (моно-блочный компьютер с установленными АЦП и предусилителем MSAE-FA010).

Эксперимент представлял собой серию испытаний образцов трех типов, при различных скоростях нагружения (см. табл.1). Образцы типа Б и Р подвергались испытаниям на сжатие с одновременной регистрацией сигналов акустической эмиссии. Образцы типа ЖБ подвергались нагрузке с целью выдавливания стержня арматуры с одновременной фиксацией сигналов акустической эмиссии.

Табл. 1. Количество испытанных образцов различных типов в соответствии со скоростью нагружения.

Скорость нагружения, мм/мин	Количество испытаний		
	Бетон (Б)	Цементно-песчаная смесь (Р)	Железобетон (ЖБ)
5	—	—	1
1	2	2	1
0,5	2	1	2
0,1	2	1	2

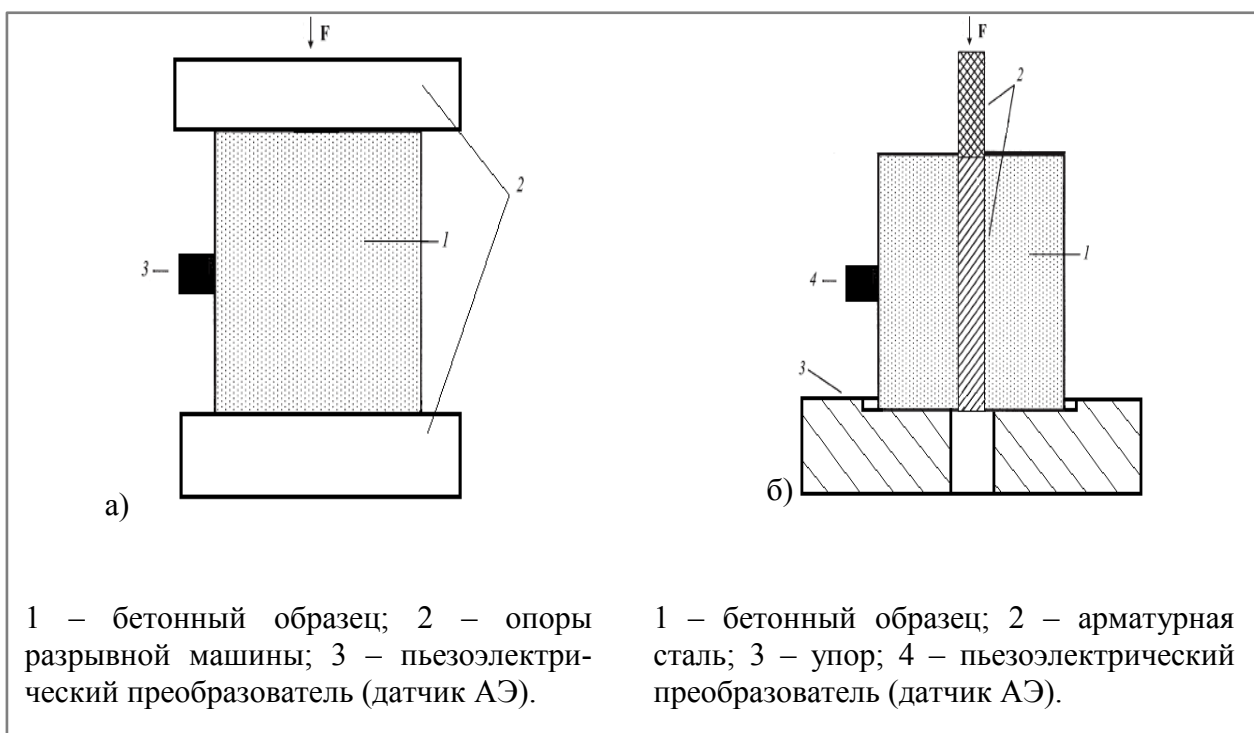


Рис. 4. Схема эксперимента: а) образцов типа Б и Р; б) образцов типа ЖБ.

После первичной обработки сигналов АЭ, проводится их кластеризация по принципу подобия формы кривой спектральной плотности в соответствии с методикой [3]. В результате каждого испытания получали таблицу с различными параметрами сигналов АЭ (в том числе энергия E и медианная частота F_{med}) график зависимости нагрузки и среднеквадратичное отклонение сигнала (U_{rms}) АЭ от времени, а также спектрограммы для каждой группы сигналов. На основе полученных данных

были построены и проанализированы графики зависимостей характеристик сигналов АЭ.

Для образцов типа Б и Р наблюдается преобладание сигналов (50-85% от общего количества), которые начинают идти практически одновременно с ростом нагрузки (рис. 5) и которые, по-видимому, обусловлены микроразрушениями структуры цементного камня (этому способствуют поры, границы структурных составляющих ЦК, и другие микродефекты).

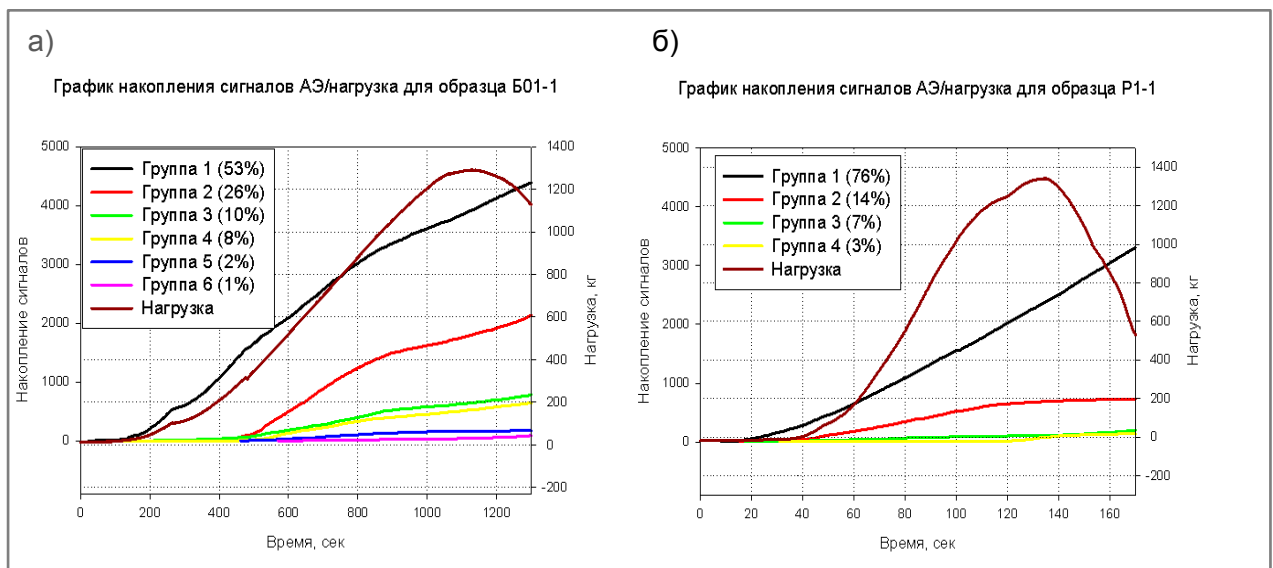


Рис.5. Графики накопления сигналов АЭ по группам, совмещенные с нагрузкой:
а) для образца Б01-1, б) для образца Р1-1.

С достижением определенной нагрузки наблюдается появление второй группы сигналов, увеличение их числа на этапе 0,3 – 0,8 от максимальной нагрузки (Р) и далее практически полное прекращение их накапливания. Число этих сигналов составляет 10-30% от общего, и их появление вызвано, скорее всего, развитием макротрещин в объеме образца.

Медианные частоты импульсов второй группы (рис. 6) попадают в диапазон более высоких частот (100-250кГц), по сравнению с импульсами первой группы (75-150кГц). Однако суммарно по всем группам усредненные медианные частоты сигналов, с ростом нагрузки имеют тенденцию к уменьшению.

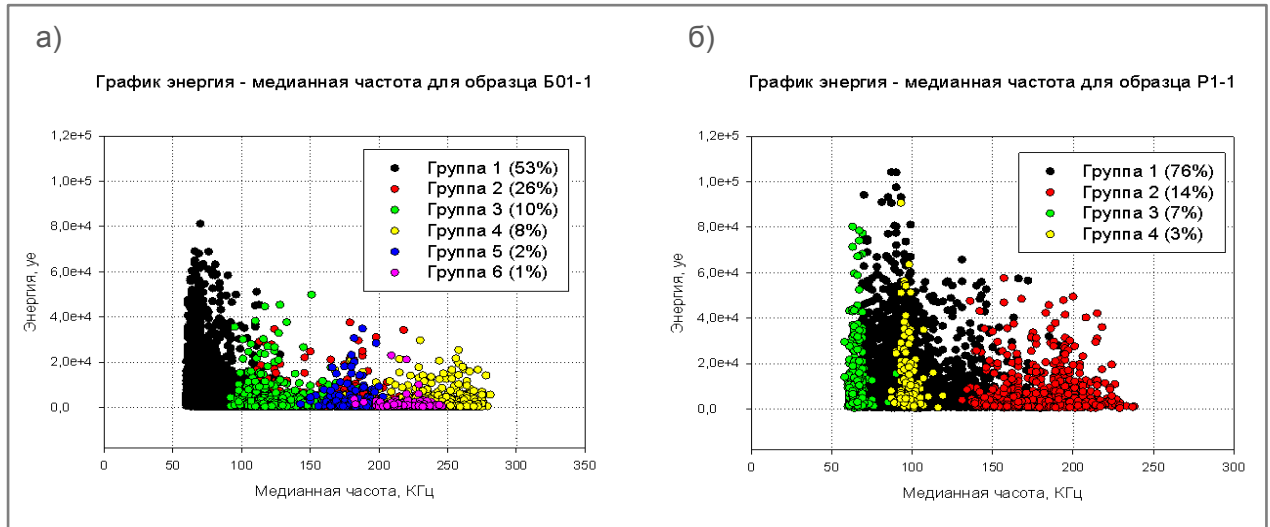


Рис. 6. Графики энергия – медианная частота:
а) для образца Б01-1, б) для образца Р1-1.

Анализируя графики U_{RMS} /нагрузки (рис. 7) можно наблюдать как минимум три стадии деформирования бетона. Причем можно заметить значительное увеличение уровней сигналов АЭ на этапах (0-0,2R); (02-08R) и небольшой рост уровня сигналов АЭ на этапе 0,95R.

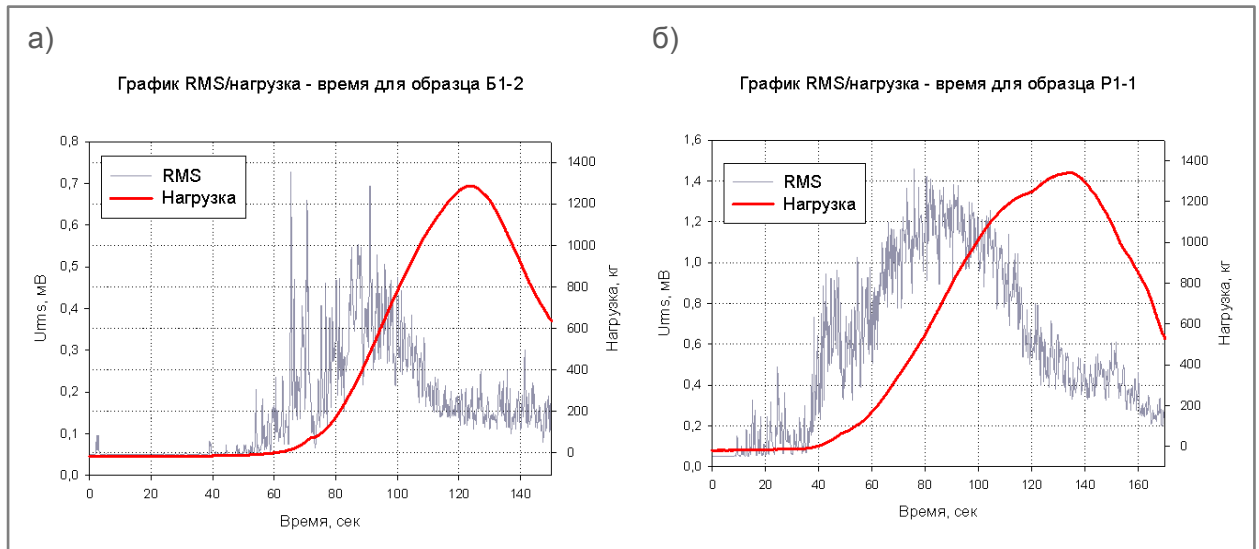


Рис. 7. Графики U_{RMS} /нагрузка – время:
а) – для образца Б1-2, б) – для образца Р1-1.

Различие в результатах обработки сигналов АЭ между образцами типа Б и Р заключается в наличии у образцов типа Б дополнительных групп сигналов, вызванных присутствием дополнительной структурной составляющей –

крупного заполнителя (КЗ) и соответственно наличием процессов трещинообразования по границе КЗ – ЦК. Однако сложность идентификации конкретного физического процесса обусловленная одновременным

протеканием различных процессов и перекрытием их частотных диапазонов, не позволяет достоверно определить, какой именно процесс отражают сигналы той или иной группы.

Для образцов третьего типа – ЖБ большинство сигналов (75-85% обусловленных, по-видимому, трением стержня арматуры о матрицу) регистрируются и

после потери сил сцепления между матрицей и арматурой. Сигналы же второй группы (15-20% вызванные, вероятно, локальными деформациями и образованием трещин в зоне контакта стержень/матрица) практически прекращают накапливаться после преодоления пика нагрузки (рис. 8).

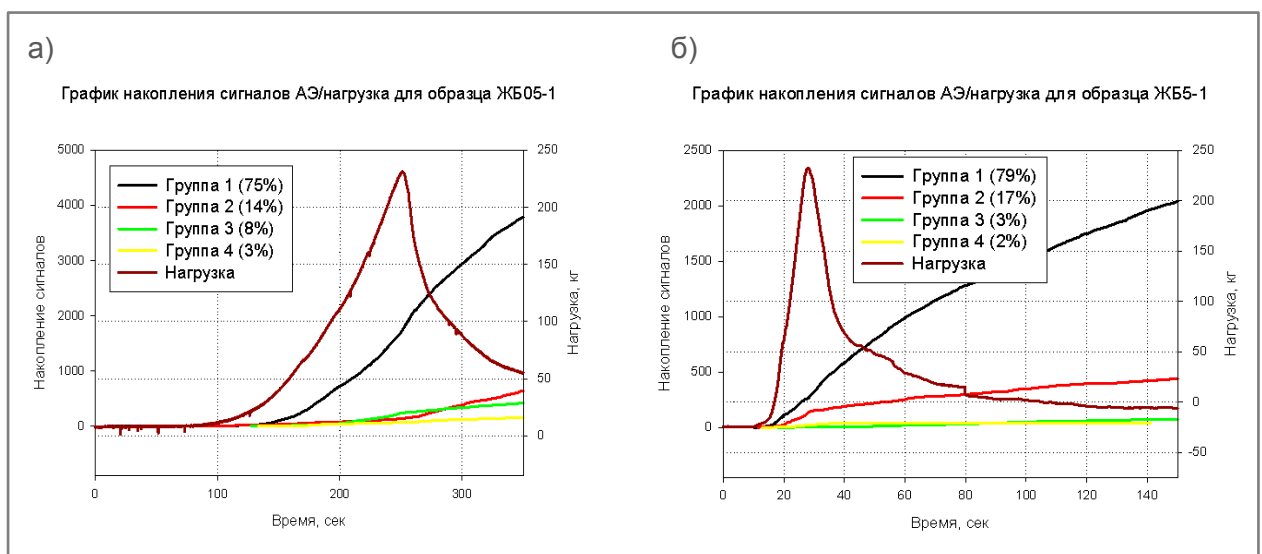


Рис. 8. Графики накопления сигналов АЭ по группам совмещенные с нагрузкой: а) для образца ЖБ05-1, б) для образца ЖБ5-1.

На примере образца типа ЖБ после испытания следует отметить единичную магистральную трещину, вышедшую на поверхность параллельно смонтированной арматуре.

Такие работы как [4], [5], [6], а так же настоящее исследование позволяют говорить о том, что стадии зарождения и развития разрушения цементных бетонов эффективно определяются методом АЭ.

При этом авторы данной работы считают возможным отметить следующие закономерности, выявленные при применении методики [3] к анализу сигналов АЭ поступающих при деформации и разрушении бетонов:

- при переходе от первой стадии деформации во вторую наблюдается

скачек медианных частот зарегистрированных сигналов;

- частотные составляющие сигналов акустической эмиссии зависят от степени деформации. Чем больше длина трещин, тем ниже доминирующая частота сигналов акустической эмиссии;
- при наличии крупного заполнителя в составе цементного раствора увеличивается количество групп сигналов со схожей формой кривой спектральной плотности;
- с увеличением скорости нагружения растет энергия и уровень зарегистрированных сигналов АЭ, увеличивается количество сигналов с высокими амплитудами.



Авторы выражают надежду, что накопленная в ходе испытаний информация будет способствовать дальнейшим исследованиям в области

неразрушающего контроля бетонных и железобетонных конструкций методом акустической эмиссии.

Литература

1. ГОСТ 17624–87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.
2. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции.
3. Мерсон Д.Л. Применение методики анализа спектральных образов сигналов акустической эмиссии, для исследования повреждаемости покрытий TiN на стальной подложке / Д.Л. Мерсон, А.А. Разуваев, А.Ю. Виноградов // Дефектоскопия. – 2002. – № 7. – С. 37–46.
4. Почтовик, Г. Я. Сравнительное исследование процессов микротрещинообразования в растянутом бетоне методами акустической эмиссии и микроскопическим / В.Г. Цыбинога, Б.С. Гриценко. – Сб. трудов МИСИ. – М., 1977. – №151.
5. Оценка сигналов акустической эмиссии, генерируемых разрушением железобетонных балок / В. Р. Скальский [и др.]. – Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2005. – №3. – С. 27-30.
6. Прогнозирование потери устойчивости нагруженных элементов конструкций методом акустической эмиссии / В. С. Куксенко [и др.]. – Письма в ЖТФ, 2007, том 33, вып. 2.



ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОДОРОДНОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

УДК 620.184.6

Вакатов А.В.	эксперт по объектам котлонадзора и сосудов, работающих под давлением, Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»;
Куценко М.М.	эксперт в области химической, нефтехимической промышленности Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Бикинеев Д.В.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ-ПОВОЛЖЬЕ»
Чуфаров М.В.	Инженер-дефектоскопист ООО «ПТЭ-ПОВОЛЖЬЕ»
Зорин П.Н.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ-ПОВОЛЖЬЕ»

14.10.2015

Наводораживание конструкционных материалов и их водородная хрупкость [1] является одной из основных проблем во всех областях промышленности, где в той или иной степени используется водород. Технические устройства, эксплуатируемые в условиях, связанных с воздействием коррозионных сред, особенно содержащих сероводородные смеси и в частности водород, могут привести к потерям работоспособности оборудования и созданию аварийных ситуаций на производстве [2].

Таким образом, вопросы, связанные с изучением наводораживания конструкционных материалов и их водородная хрупкость имеют огромное значение для химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

Проникновение водорода в металл часто приводит к ухудшению

эксплуатационных свойств. Сильно уменьшается сопротивление механическим напряжениям из-за снижения пластичности. Конечным результатом является снижение прочности и долговечности деталей и хрупкое катастрофическое разрушение (водородная хрупкость).

Водородное растрескивание под напряжением является формой водородного охрупчивания, при котором металл разрушается спонтанно под воздействием постоянно действующего напряжения, меньшего, чем предел текучести. Как правило, имеется задержка между приложением напряжения (или выдержкой напряжённого металла в водороде) и началом растрескивания. Знание особенностей механизма водородного охрупчивания имеет важное значение, как при эксплуатации оборудования, работающего под давлением

водородосодержащих сред, так и при проведении экспертизы промышленной безопасности технических устройств.

На одном из предприятий производства аммиака, проводилось экспертное техническое диагностирование технического устройства – подогревателя синтез-газа (фото 1).

Подогреватель синтез-газа представляет собой трубчатую печь, состоящую из змеевика, четырёх горелок и корпуса, состоящего из футерованных огнеупорным бетоном кожуха и дымовой трубы (рис.1).



Фото 1. Подогреватель синтез-газа.

Подогреватель синтез-газа работает только при пуске агрегата аммиака и служит для нагрева азотоводородной смеси до температуры,

необходимой для восстановления катализатора колонны синтеза перед её пуском.

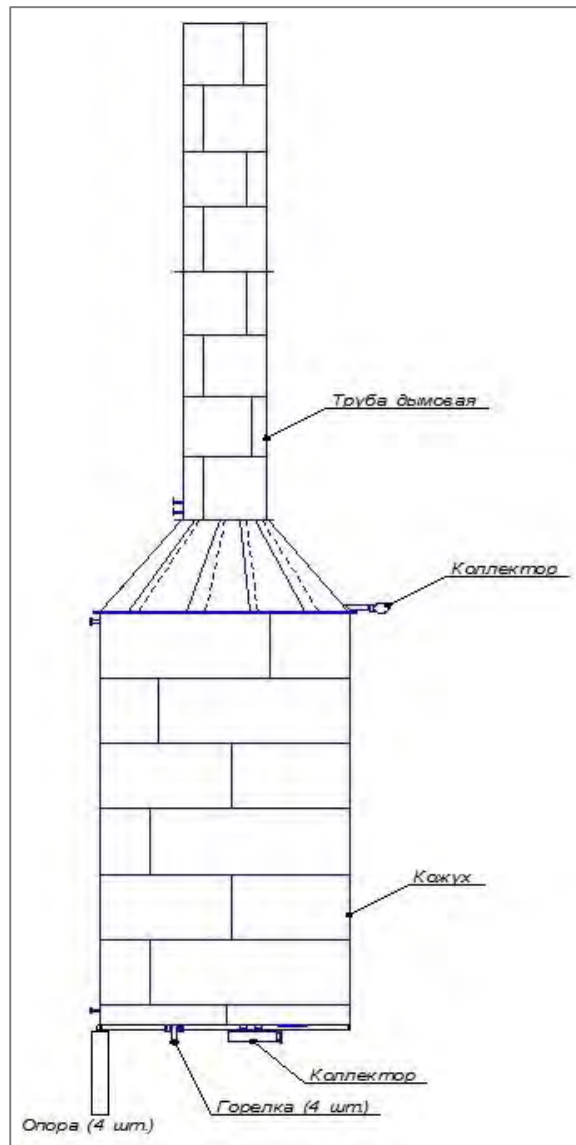


Рис. 1. Общий вид подогревателя синтез-газа.

Подогреватель может одновременно работать в одном из трёх режимов:

- режим I: давление – 14,0 МПа (140,0 кгс/см²), температура – +538⁰С;
- режим II: давление – 21,8 МПа (218,0 кгс/см²), температура – +510⁰С;
- режим III: давление – 32,0 МПа (320,0 кгс/см²), температура – +427⁰С.

Табл. 1. Краткая характеристика подогревателя синтез-газа.

Назначение	Предварительный подогрев синтез-газа для разогрева катализатора колонны синтеза;
Рабочее давление в трубной части	Режим I – 14,0 МПа (140,0 кгс/см ²) Режим II – 21,8 МПа (218,0 кгс/см ²) Режим III – 32,0 МПа (320,0 кгс/см ²)
Разрешенное давление в трубной части	32,0 МПа (320,0 кгс/см ²)
Расчетное давление в трубной части	Режим I – 14,0 МПа (140,0 кгс/см ²) Режим II – 21,8 МПа (218,0 кгс/см ²) Режим III – 32,0 МПа (320,0 кгс/см ²)
Пробное давление в трубной части	54,7 МПа (547,0 кгс/см ²)
Рабочая температура в трубной части	Режим I – +538 °С Режим II – +510 °С Режим III – +427 °С
Расчетная температура в трубной части	Режим I – +538 °С Режим II – +510 °С Режим III – +427 °С
Рабочая среда	Синтез-газ
Рабочее давление в корпусе	Атмосферное
Разрешенное давление в корпусе	Атмосферное
Рабочая температура в корпусе	+450 °С
Рабочая среда	Дымовые газы
Группа сосуда	1
Антикоррозионное покрытие	Лакокрасочное покрытие
Футеровка	Кожух подогревателя футерован огнеупорным бетоном
Данные о термообработке	Шпильки, гайки – закалка с последующим отпусканием. Линза, труба, втулки, коллектора, фланец, заглушка – аустенизация. Фланец – нормализация. Змеевики при гибке – нагрев до 1050 – 1100 °С до полного прогрева, охлаждение в воде.
Объем НК на заводе изготовителе	Рентген, УЗД змеевика в объеме 100%

Синтез-газ (смесь азота и водорода) поступает из общего коллектора через трубы на днище кожуха. При движении по трубам змеевика синтез-газ подогревается за счёт температуры дымовых газов, отходящих от горелок подогревателя. Нагретый газ поступает через трубы на конической

обечайке кожуха в общий коллектор и далее на колонну синтеза аммиака.

Змеевик, состоящий из двух труб, расположен в кожухе подогревателя в виде спирали. Трубы змеевика диаметром 72x16,0 мм. выполнены из стали 12ХГ8Н12Т (рис. 2).

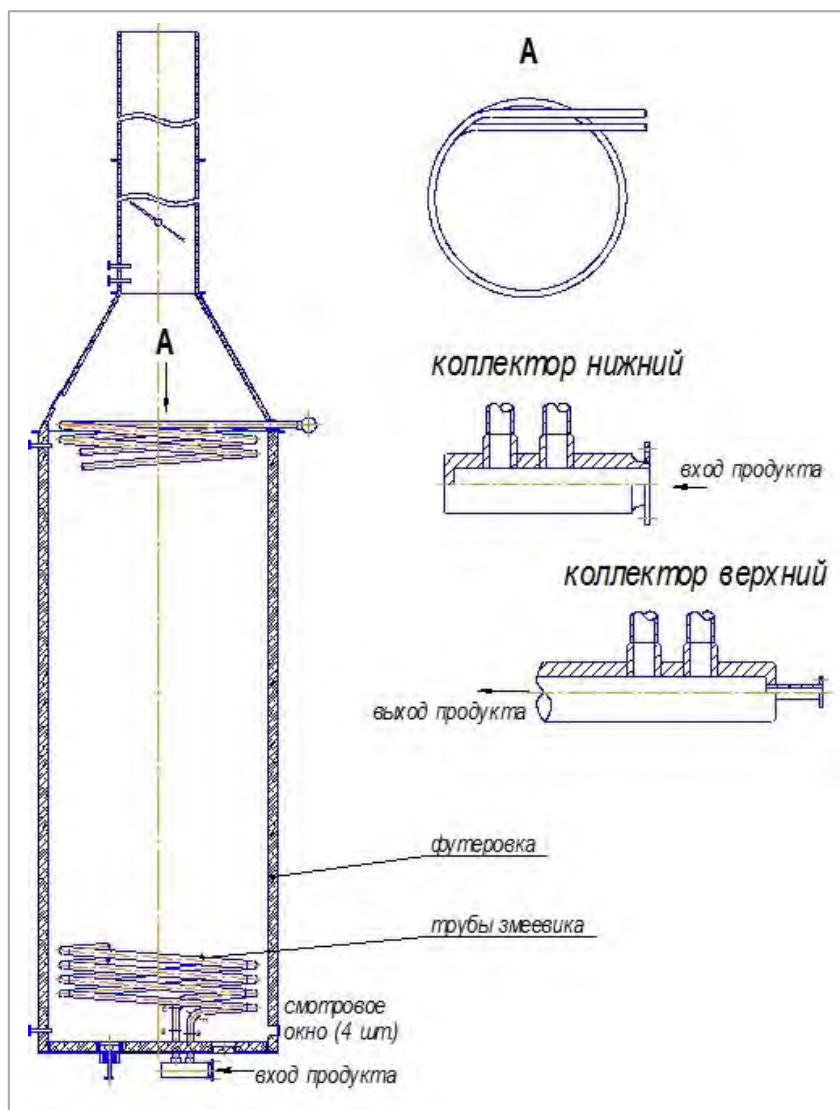


Рис. 2. Расположение труб змеевика в подогревателе.

В процессе анализа и изучения технической и проектной документации было установлено, что число циклов нагружения, за весь срок эксплуатации технического устройства, составило менее 1000. Размах температурных колебаний и внутреннего давления не превышал 15% от допустимой величины, установленной при расчёте на статическую прочность. Таким образом, действующие нагрузки малоцикловую усталость не вызывали.

В соответствии с программой работ неразрушающему контролю

подвергались следующие элементы подогревателя:

- все трубы и гибы труб змеевика в доступных местах с наружной стороны, коллекторов и переходов с наружной стороны.
- корпус (кожух и дымовая труба), площадки обслуживания, стремянки с ограждениями.
- футеровка кожуха и дымовой трубы.
- горелки.
- разъёмные соединения кожуха и их уплотнительные поверхности.
- фундамент, опоры, опорные элементы и каркас.

При визуально-измерительном контроле [3] на наружной поверхности трубы змеевика в районе врезки в выходной коллектор была выявлена

трещина протяжённостью до 20 мм (рис. 3).

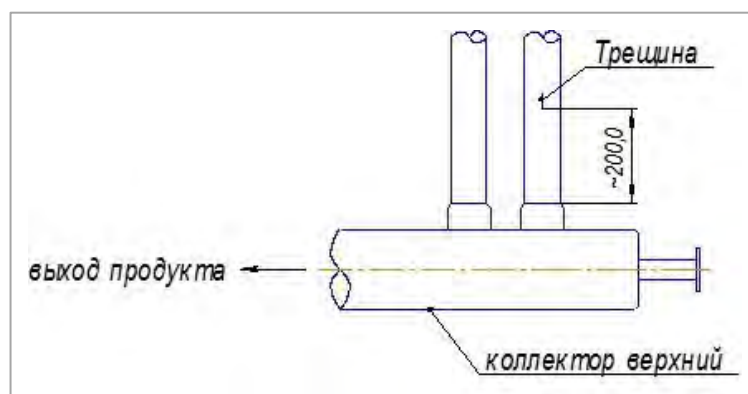


Рис. 3. Расположение трещины на наружной поверхности трубы.

Для определения глубины трещины и характера её, выявления причин образования была произведена вырезка участка трубы. В лаборатории были проведены исследования дефекта с помощью фрактографического анализа трещины.

Фактографический анализ (изучение структуры поверхности разрушения, т.е. изломов) является эффективным средством анализа причин эксплуатационных повреждений в конструкционных материалах. Фрактография широко используется для определения причин разрушения материалов и конструкций. В науках о материалах фрактография используется для изучения механизма распространения трещин, исследования микроструктуры и для контроля качества [4].

При хрупком внутризеренном (транскристаллитном) разрушении происходит излом, при котором трещины распространяются обычно вдоль плоскости с малыми индексами.

Чаще всего такое разрушение наблюдается в металлах с ГПУ-решеткой (гексагональная плотноупакованная решетка) вдоль базисной плоскости, в металлах с ОЦК-решеткой (объемно-центрированной кубической решетка) разрушение сколом, как правило, не наблюдается. Очевидно, что плоскость разрушения меняет свою ориентировку от зерна к зерну, образуя так называемые фасетки (грани).

Внутрикристаллитный скол придает блеск излому, который кажется гладким при визуальном осмотре. В микроскопе видно, что скол не идеально гладок: на его поверхности обычно имеются ступеньки, придающие структуре вид ручьистых узоров. В поликристаллических образцах вид этих узоров при переходе от зерна к зерну меняется, так как плоскость разрушения меняет свою ориентировку. Это позволяет по фрактограмме измерить средний размер зерна в КМ (композиционный материал - неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более

компонентов с чёткой границей раздела между ними).

По основным деталям рельефа (взаимное расположение, направление ступенек ручьистого узора) можно выявить очаги главной трещины. Чаще всего этот очаг располагается вблизи границы матрицы и армирующей фазы в КМ, в узлах пространственно-ориентированной арматуры, а также вблизи избыточных фаз на границе зерен. При фрактографическом анализе с использованием больших увеличений можно установить также очаги вторичных трещин и характер их локального расположения.

Было установлено, что трещина сквозная. Анализ излома при проведении фрактографического анализа участка трубы подогревателя синтез-газа показал хрупко-вязкий механизм разрушения: хрупкий в месте зарождения трещины в

глубине металла с доломом по вязкому типу с выходом на поверхность металла (внутреннюю и наружную поверхность трубы). Трещинообразование металла было вызвано водородным охрупчиванием.

В связи с тем, что трещина раскрылась не в момент работы подогревателя, что могло привести к истечению азотоводородной смеси из трещины и созданию аварийной ситуации, а после снятия нагрузки, был сделан вывод, что трещина, явилась следствием действия механизма водородного растрескивания под напряжением. Это видно на панораме водородного растрескивания трубы (фото 2.), а также макроструктуре (фото 3.) и микроструктуре (фото 4.) металла в зоне водородного растрескивания.

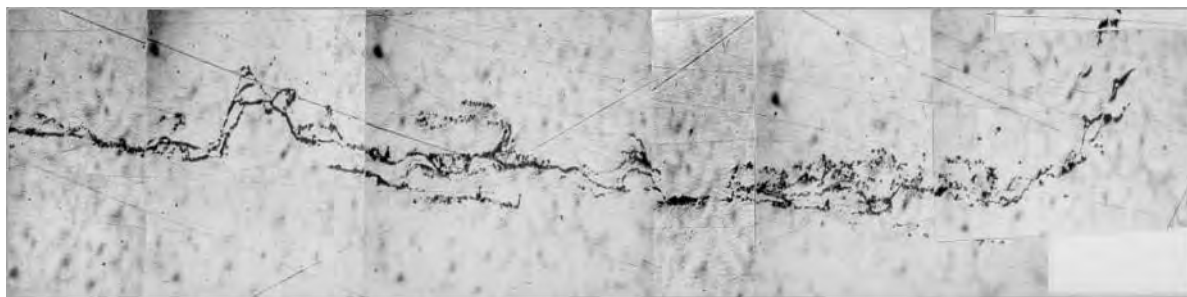


Фото 2. Панорама водородного растрескивания металла трубы.

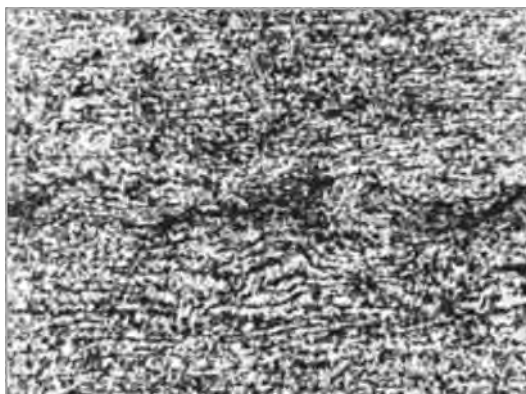


Фото 3. Макроструктура металла в зоне водородного растрескивания (увелич. x 50).

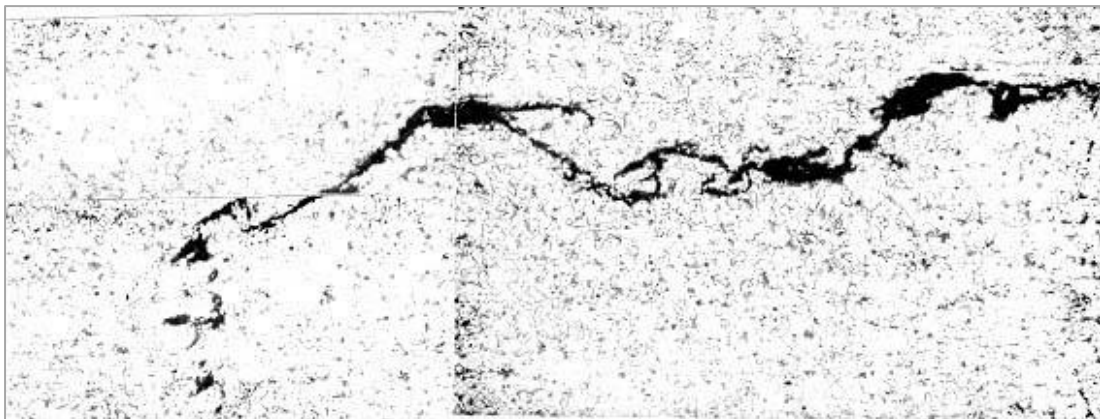


Фото 4. Микроструктура металла трубы в зоне водородного растрескивания (увелич.х 200).

В результате проведенного обследования, а так же с целью обеспечения промышленной безопасности опасного производственного объекта, подогреватель синтез-газа был выведен из эксплуатации.

В условиях механического нагружения и воздействия коррозионных сред возникают хрупкие и вязкие разрушения, которые, в свою очередь очень опасны, и при их образовании необходимо выводить из эксплуатации целые установки. Возникающий риск образования сквозных трещины, влечет за собой сбой всей системы работы предприятий, утечку газов и топлива, загрязнение окружающей среды и как

следствие большие финансовые потери. Для предотвращения аварии на установках, связанных с воздействиями коррозионных сред, особенно в присутствии водородсодержащих смесей необходимо: более тщательно проводить проверку технических устройств, чаще исследовать на наличие дефектов и трещин, своевременно производить ремонт или замену поврежденных участков. Вовремя и качественно выполненные профилактические меры по обеспечению нормальной работы оборудования в химической, нефтехимической промышленности, могут предотвратить серьезные последствия аварий на всем предприятии.

Литература

1. Металлы и сплавы. Справочник: Под редакцией Ю.П. Солнцева – Санкт-Петербург: НПО «Профессионал», НПО «Мир и семья», 2003 г.
2. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ./Под ред. А. М. Сухотина. — Л.: Химия, 1989. — Пер. изд., США, 1985.— 456 с.: ил.
3. РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю».
4. Феллоуз Дж. Фрактография и атлас фрактограмм. Справочник. – М.: Металлургия, 1982.



О НЕКОТОРЫХ ОШИБКАХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СКЛАДОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

УДК 69

Борисов В.В.	Технический директор Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Егоров П.А.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Максимов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности
Малеев О.А.	Зам. начальника отдела, эксперт
Зайтов М.Т	Эксперт в области промышленной безопасности

15.10.2015

Аннотация. В статье изложены предложения, соблюдение которых обеспечит качество разработки проектной документации склада нефтепродуктов.

Ключевые слова: безопасность, авария, взрыв, пожар, легко воспламеняющаяся жидкость, проектирование, резервуар вертикальный сварной, технический регламент, блокировки, хрупкое разрушение, срок эксплуатации.

Опасность возникновения аварийных ситуаций на резервуарах оценивается тяжестью причиняемого ущерба, который зависит от того, как проявляется авария: в виде взрывов и пожаров от разлившегося н/продукта, в виде хрупких разрушений или локальных отказов резервуаров.

Предпосылкой развития аварийных ситуаций резервуаров вертикальных сварных (РВС) является совместное действие следующих факторов: наличие дефектов, воздействие условий окружающей среды, некачественное строительство, нарушение требований проекта и режимов эксплуатации резервуаров, несоблюдение техники безопасности и др.

Основные источники загорания на складах нефти и нефтепродуктов:

- 1) самовозгорание пиррофорных отложений, неосторожное обращение с огнём.
- 2) огневые и ремонтные работы.
- 3) искры электроустановок.
- 4) разряды статического электричества.
- 5) проявления атмосферного электричества.

Поэтому решение проблемы повышения работоспособности резервуаров должно сводиться к осуществлению конструктивно-технологических, эксплуатационных и организационных мероприятий. Конструктивно-технологические мероприятия по повышению ресурса безопасной эксплуатации резервуаров выполняются на стадиях проектирования, изготовления и монтажа.

Одним из важнейших условий обеспечения высокой надежности и безопасности резервуаров является

использование при их изготовлении мелкозернистых сталей с высокой стойкостью к хрупким разрушениям, а также получение качественных сварных соединений с минимальным уровнем пластических деформаций.

Проблема повышения надежности резервуарных конструкций должна решаться на всех этапах при проектировании, при изготовлении, при монтаже и испытаниях, при эксплуатации и диагностировании резервуаров.

В статье приведены несколько фотографий, подтверждающих ошибки проектировщиков и строителей, а также результаты их ошибок.



Рис. 1. Взрыв резервуара в Азербайджане.

По сообщениям Интерфакс, на азербайджанском нефтезаводе произошло три взрыва подряд. На территории промышленной зоны, расположенной в восточной части страны в городе Сумгаит, произошел взрыв резервуара, заполненного нефтью. В происшествии пострадали сотрудники завода - рабочие получили серьезные ранения. Как сообщают в Министерстве здравоохранения, шесть человек были доставлены в реанимацию, состояние пострадавших оценивается как тяжелое. На место трагедии прибыли десять спасательных бригад и пожарных групп. Тушение пожара на

нефтеперерабатывающем заводе заняло довольно длительное время – около 10 часов. По предварительной версии, причиной происшествия стали неполадки резервуара. В результате расследования было выявлено, что резервуар не отвечал нормам пожарной безопасности.

Рассмотрим случай хрупкого разрушения резервуара вертикального сварного (РВС).

Полное разрушение РВС вместимостью 700 м³ произошло в Якутии в 1977 году при температуре – 57°С. В соответствии с типовым проектом резервуар предназначался для эксплуатации в условиях Крайнего Севера с расчетной температурой до – 65°С.

Стенка резервуара должна быть изготовлена в соответствии с ГОСТ из низколегированной стали марки 09Г2С-15. Восстановление картины аварии производилось по траектории трещины и кристаллографическому характеру ее поверхности. Из чего было установлено, что хрупкая трещина возникла в уторном шве в области стыка стенки с днищем и распространилась по образующей стенки на всю её высоту. Интенсивный разлив н/продукта через образовавшийся проем привел к возникновению реактивной силы, под действием которой произошло лавинообразное разрушение стенки и днища резервуара.

Анализ обследования конструкционного материала показал, что резервуар был изготовлен из кипящей низкоуглеродистой стали, что является нарушением требований проекта. Кроме того, некачественное выполнение сварных швов и высокие реактивные напряжения, возникшие при низких температурах, инициировали развитие хрупкой трещины. Это трещина распространилась по всей высоте стенки и привела к полному разрушению резервуара, поскольку температура

остановки хрупкой трещины у исследованной стали значительно выше температуры окружающей среды в момент аварии.

Хрупкое разрушение РВС происходит под влиянием комплекса неблагоприятных факторов. К таким факторам можно отнести: понижение температуры, наличие объемно-напряженного состояния в сварных швах или околошовной зоне, в которых могут наблюдаться дефекты в виде непроваров и микроскопических трещин, изменение скорости нагружения и уровня разлива н/продуктов в РВС.

Ярким примером не соблюдения норм проектирования нефтебаз, СНиП, требований промышленной и пожарной безопасности, служит пожар на нефтебазе компании "БРСМ-Нафта" в 2015 году вблизи г. Киев на Украине.

Расстояние между резервуарами не выдержаны (расположены близко друг к другу, почти вплотную). ГПСС - генераторы пены средней кратности – не были установлены на резервуарах. Система орошения на резервуарах отсутствовала. На нефтебазе напорный пожарный водопровод отсутствовал. Бортик (или) обвалование вокруг резервуаров отсутствовал.

При проведении в 2006 году экспертизы промышленной безопасности документации, связанной с эксплуатацией действующего взрывоопасного производственного объекта, топливохранилища, являющегося частью опасного производственного объекта - площадки погрузочно-разгрузочной предприятия в Нижегородской области, пришлось столкнуться с грубейшими нарушениями проектировщиков, разработавших проектную документацию на данный объект.

По результатам проведенной экспертизы разработаны рекомендации для заказчика по доработке

документации и приведению ее к требованиям действующей нормативной документации:

1. Произвести экспертизу промышленной безопасности емкостей, резервуаров, технологических трубопроводов топливохранилища предприятия, отработавших расчетный срок эксплуатации, [1], [6].

2. Выполнить контроль и сигнализацию дозрывных концентраций на железнодорожной эстакаде, автомобильном сливо-наливном пункте и резервуарных парках топливного хранилища [6].

3. Помещения для этилцеллозольва оснастить газоанализаторами дозрывных концентраций [6].

4. Пункт налива в автоцистерны оборудовать автоматическим устройством, исключающим перелив автоцистерн [6];

5. Оборудовать группы резервуаров топливохранилища газоуравнительными системами или «азотной» подушкой [6].

6. Наземные резервуары оборудовать пробоотборниками, расположенными внизу [23].

7. Заменить насосы центробежные сальниковые на насосы с торцовыми уплотнениями или переоборудовать насосы уплотнениями торцового типа [6].

8. Оснастить насосы топливохранилища согласно [6]:

- блокировками, исключающими пуск или прекращающими работу насосов при отсутствии перемещаемой жидкости в его корпусе или отклонениях ее уровня в емкостях от предельно допустимых значений;
- средствами предупредительной сигнализации при достижении предельного значения уровня в емкостях.

9. На трубопроводах, по которым сливается топливо из железнодорожных



цистерн, установить на случай аварии задвижки с дистанционным управлением со щита операторной и непосредственно со сливо-наливной эстакады (согласно [22]).

10. Для слива топлива на ж/д эстакаде предусмотреть бесшланговые сливные устройства (шарнирно-сочлененные трубы и телескопические устройства) согласно [22].

11. Для нижнего налива продуктов в автоцистерны применять соединительные шарнирно сочлененные трубы из алюминия [6].

12. Предусмотреть специально оборудованное место для выполнения операций по аварийному освобождению ж/д вагон - цистерн от нефтепродуктов [6].

13. На территории, занятой ж/д сливной эстакадой предусмотреть твердое покрытие из бетона с бортиком Н=200 мм с отводным лотком с уклоном в сторону сборного колодца [22].

14. Предусмотреть стационарную установку пожаротушения ж/д сливной эстакады [22].

15. Выполнить катодную защиту от блуждающих токов для подземных трубопроводов ЛВЖ топливного хранилища предприятия, согл. [6].

16. Предусмотреть автоматизацию и блокировки вент. систем (с выносом на пульт управления операторной) [6].

17. Составить паспорта на резервуары топливохранилища [6].

18. Разработать План локализации аварийных ситуаций (ПЛАС) топливного хранилища предприятия, согласно [1].

19. Разработать и утвердить руководителем предприятия технологический регламент топливохранилища [17].

Действующие на сегодняшний день требования нормативных документов для проектирования опасных производственных объектов:

- архитектурно-строительное проектирование, согласно статье 48

п.1. [3], осуществляется путем подготовки проектной документации применительно к объектам капитального строительства и их частям, строящимся, реконструируемым в границах принадлежащего застройщику или иному правообладателю;

- состав разделов проектной документации и требования к их содержанию изложены в Положении [4];
- основные требования к проектной документации объектов капитального строительства и рабочей документации всех видов объектов строительства устанавливает ГОСТ Р 21.1101-2009 [18];
- требования промышленной безопасности к организациям, осуществляющим деятельность в области промышленной безопасности, связанную с проектированием, строительством, эксплуатацией, реконструкцией, техническим перевооружением, капитальным ремонтом, консервацией и ликвидацией опасных производственных объектов химической, нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности, направленные на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, случаев производственного травматизма на указанных опасных производственных объектах, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества, в том числе способные образовывать паро-, газо- и пылевоздушные взрывопожароопасные смеси, кроме конденсированных взрывчатых веществ, изложены в [6];
- ведомственные указания по противопожарному проектированию

предприятий, зданий и сооружений нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности изложены в документе [13];

- руководство по безопасности для нефтебаз и складов нефтепродуктов, утв. приказом Ростехнадзора от 26.12.2012г. №777. Настоящее руководство содержит рекомендации по обеспечению требований промышленной безопасности при проектировании, строительстве, капитальном ремонте, техническом перевооружении, реконструкции, консервации и ликвидации нефтебаз и складов нефтепродуктов. Данный документ не является нормативным правовым актом[13];
- СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности[11];
- в ПУЭ [19] изложены Требования к устройству электрической части освещения зданий, помещений и сооружений различного назначения, открытых пространств и улиц, а также требования к устройству

рекламного освещения. Содержатся требования к электрооборудованию жилых и общественных зданий, зрелищных предприятий, клубных учреждений, спортивных сооружений.

Выводы:

1. При выполнении проектирования опасных производственных объектов разработчикам необходимо соблюдать требования действующих нормативно-правовых документов: постановлений Правительства РФ, федеральных законов, технических регламентов, федеральных норм и правил, СНиП и других НТД.

2. На сегодняшний день отменяются нормативные документы Ростехнадзора и вводятся Технические регламенты, федеральные нормы и правила, руководства по безопасности. С целью обеспечения промышленной безопасности представляется необходимым разработать ведомственные нормы технологического проектирования складов нефти и нефтепродуктов.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190 –ФЗ.
4. Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 года N 87Об утверждении Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию, с изм. на 27.07.2015г.
5. Положение об исходных данных для проектирования, утв. зам. министра промышленности науки и технологий РФ 30.01.2002г.
6. Федеральные правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах».
8. Свод правил СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий Актуализированная редакция СНИП 2.09.03-85 М.
9. Свод правил СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНИП 31-03-2001М.



10. ГОСТ 31937—2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
11. СП 155.13130.2014 Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности.



О ПРОДЛЕНИИ СРОКА БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АНАЛИЗА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ФАКТИЧЕСКИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Борисов В.В.	Технический директор Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Егоров П.А.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Малеев О.А.	Заместитель начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Максимов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности.
Морозов Б.П.	Начальник отдела, эксперт
Золотов В.А.	Эксперт в области промышленной безопасности

15.10.2015

Аннотация. В статье изложены предложения, руководствуясь которыми считаем возможным определять срок безопасной эксплуатации насосно-компрессорного оборудования по результатам анализа условий эксплуатации и фактических эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: безопасность, ремонт, диагностирование, остаточный ресурс, насосно-компрессорное оборудование, планово-предупредительный ремонт, технический регламент.

По достижении срока эксплуатации, установленного в нормативной, конструкторской и эксплуатационной документации, стандартах, правилах безопасности, дальнейшая эксплуатация насосно-компрессорного оборудования (далее - НКО), как и любого другого технического устройства, эксплуатируемого на опасном производственном объекте, без проведения работ по продлению срока безопасной эксплуатации не допускается. Продление сроков безопасной эксплуатации оборудования осуществляется в порядке, устанавливаемом [8], с учетом особенностей конструкции и условий эксплуатации. При проведении

экспертизы промышленной безопасности технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах и оборудования, требуется оценка их остаточного ресурса. Остаточный ресурс НКО определяется, как правило, по фактической наработке в часах, причем на каждый из элементов НКО установлены свои нормы наработки. По результатам работ по определению остаточного ресурса и возможности продления срока безопасной эксплуатации принимается решение о продлении эксплуатации на установленных параметрах, продление эксплуатации с ограничением параметров или ремонте, использование по иному назначению, вывод из эксплуатации.



Решение задачи определения остаточного ресурса по результатам анализа условий эксплуатации и фактических эксплуатационных характеристик позволит значительно уменьшить количество отказов оборудования. Фактически, предлагаемый метод позволит оценить техническое состояние НКО без его демонтажа с технологической позиции и разборки. К сожалению, уровень подготовки специалистов ремонтных организаций, занимающихся ремонтом динамически нагруженного оборудования (далее - ДНО) оставляет желать лучшего. Но мы наблюдаем неоднократные примеры того, что после разборки и сборки насоса или компрессора, проводимых в том числе для контроля его технического состояния, даже без замены быстро изнашиваемых элементов (деталей), его вибрационные характеристики изменяются в худшую сторону, чем было до разборки, что сокращает его ресурс почти вдвое, а то и более. Почему подвергшийся переборке насос или компрессор частенько расходует больше энергии и теряет былую производительность? В каких случаях переборка оборудования неизбежна, а когда можно ограничиться проведением диагностических измерений на работающем оборудовании? В этой статье мы попытаемся ответить на эти вопросы, призвав на помощь весь опыт в области экспертизы промышленной безопасности насосно-компрессорного оборудования.

Существует интересное выражение: не нужно мешать машине работать. Работающий агрегат, находится в состоянии своеобразного баланса технических параметров, не зависимо от состояния его отдельных элементов, исключая конечно критические ситуации с выходом из строя деталей. Его общее техническое "здоровье" позволяет

выполнять заложенные заводом изготовителем функции на конкретных параметрах эксплуатации. Для выявления параметров "здорового" состояния необходима привязка к его значениям, которые можно измерить и, впоследствии, проверить.

Решить данную задачу позволяет применение современных средств и приборов вибродиагностического контроля (далее - ВК). ВК, являясь разделом технической диагностики, есть отрасль знаний, включающая в себя теорию и методы организации процессов распознавания технических состояний машин и механизмов по исходной информации, содержащейся в виброакустическом сигнале.

Техническое диагностирование, в объеме проведения экспертизы промышленной безопасности НКО, традиционными методами, заложенными в технических условиях на ремонт соответствующего типа оборудования, включает в себя: разборку, дефектовку, замену изношенных узлов и деталей, проведение визуально-измерительного и неразрушающего контроля, сборку и испытание НКО пробным пуском и обкатку в течении 4 часов под рабочей нагрузкой. Организация проведения работ по техническому диагностированию возлагается на предприятие - владельца оборудования. К работам, на сегодняшнем этапе экономических отношений между производством и ремонтными службами, в основном привлекаются сторонние подрядные организации для выполнения всего комплекса работ или отдельных его этапов. В основной массе крупных предприятий специализированные ремонтные службы выведены на аутсорсинг, либо работают по договорам на обслуживание и ремонт. Ремонтные бригады таких служб и подрядных организаций, привлекаемые к разборке и сборке НКО, при проведении работ по



экспертизе промышленной безопасности, зачастую не заинтересованы в качественном выполнении работ, так как несут ответственность только за проведенные ремонты.

Успех решения задач вибродиагностики при техническом диагностировании НКО во многом зависит от контролепригодности конкретных агрегатов. Достоверность оценки состояния агрегата при техническом диагностировании зависит от понимания сущности рабочих процессов, выступающих в качестве носителей диагностической информации, и от знания законов возникновения и развития неисправностей. При замене неразрушающего контроля вибродиагностическими измерениями работающего агрегата остаточный ресурс продляется до следующего планового капитального ремонта, установленного графиком ППР в зависимости от наработки агрегата. Ведь зачастую, срок службы НКО, установленный заводом изготовителем и исчисляемый в ресурсе агрегата выраженном в часах, не является определяющим для оборудования, работающего периодически, к примеру, при пуске-останове производств. Наш опыт технического диагностирования НКО позволил нам определить некоторые частные критерии, при соответствии которым возможно применение средств вибродиагностики для определения остаточного ресурса НКО без его разборки.

Во-первых, применение метода без разборного технического диагностирования с применением средств вибродиагностики применимо, в основном, для роторных машин и механизмов. Что связано с конструктивными особенностями и процессами износа элементов, различными, для роторных и поршневых (отличающихся принципом работы) агрегатов.

Во-вторых, соблюдение системы планово-предупредительных ремонтов (ППР) владельцем оборудования, то есть ведение эксплуатационных паспортов с записями всех проводимых работ по ремонту и техническому обслуживанию с указанием наработки оборудования, а также регламентный режим работы НКО.

В-третьих, отсутствие условий, которые вызывают изменения геометрической формы, механических, химических свойств и структуры металла узлов и деталей оборудования (к примеру: температуры рабочей поверхности свыше 250°C, перемещаемые среды, вызывающие физико-химические изменения в материале основных деталей).

При соответствии этим критериям, а также при наработке НКО не более 60% срока до капитального ремонта, разборку оборудования и проведение неразрушающего контроля целесообразно заменить специальными вибродиагностическими измерениями работающего агрегата. Специальные вибродиагностические измерения предназначены для уточнения технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса. Интервал измерений устанавливается для каждого конкретного агрегата исходя из категории агрегата, режима его работы и перечня дефектов, предполагаемых для обнаружения.

Выводы:

Таким образом, руководствуясь данными об условиях эксплуатации и фактическими эксплуатационными характеристиками НКО, данными о вибрационном состоянии агрегата, принимая во внимание опыт эксплуатации оборудования со схожими конструктивными и эксплуатационными характеристиками, можно сделать вывод о соответствии конкретного образца НКО требованиям промышленной безопасности и назначить его срок



службы. При этом априори принимая следующие положения:

1. Решение по определению остаточного ресурса без разборки, с применением средств и приборов вибродиагностики принимает эксперт на основании анализа нормативно-технической, проектной, монтажной и ремонтной документации, условий эксплуатации НКО, данными о вибрационном состоянии.

2. При применении метода определения срока безопасной эксплуатации агрегата по результатам анализа условий эксплуатации и фактических эксплуатационных характеристик, с применением средств и приборов вибродиагностики работающего агрегата, срок службы продляется до следующего планового капитального ремонта, условия проведения которого в зависимости от наработки, заложены в документации производителя оборудования.

3. Работы по периодическому обслуживанию агрегата должны проводиться согласно графика ППР в объеме, заложенном производителем.

4. Эксперт, проводящий экспертизу промышленной безопасности НКО по результатам анализа условий эксплуатации и фактических эксплуатационных характеристик, в

случае необходимости, может предусмотреть в рекомендациях Заключения ЭПБ дополнительные меры, позволяющие контролировать состояние агрегата с целью поддержания условий безопасной эксплуатации, например: ввести условия периодического мониторинга вибрационного состояния и сравнения полученных данных с эталонными, зафиксированными при проведении ЭПБ).

Современные роторные насосы и компрессора различных типов и фирм производителей надёжны и долговечны. Однако, как и для любого сложного технологического оборудования, очевидно, что проведение работ, связанных с разборкой и сборкой агрегата не связанных с проведением ремонта в основном снижает ресурс агрегата по ряду причин. Исходя из вышеизложенного, применение метода оценки НКО по результатам анализа условий эксплуатации и фактических эксплуатационных характеристик, с применением средств и приборов вибродиагностики, позволит уменьшить объем работ, проводимых при экспертизе промышленной безопасности НКО для обеспечения их безопасной эксплуатации.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011).
3. Общие технические условия по ремонту центробежных насосов. УО 38.12.018 – 94 г. Волгоград 1995 г.
4. ОСТ 26-06-2028–96 «ССБТ Насосы общепромышленного назначения. Требования безопасности».
5. «Нормы межремонтных периодов, структура ремонтных циклов и содержание работ по видам ремонта машинного оборудования предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности». – Волгоград: ВНИКТИ нефтехимоборудования. 1987.



6. «Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования» Ширман А., Соловьев А.
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности», утв. приказом Ростехнадзора от 14 ноября 2013 г. N 538.



К ВОПРОСУ ОБСЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Борисов В.В.	Технический директор Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Егоров П.А.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Малеев О.А.	Заместитель начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Максимов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности.
Морозов Б.П.	Начальник отдела, эксперт
Ширяев А.М.	Канд.техн.наук, эксперт в области промышленной безопасности
Марков М.А.	Заместитель начальника отдела ЭПБ объектов котлонадзора, сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и тепловых сетей
Краснов Б.А.	

15.10.2015

В теплоснабжении можно выделить два главных технологических процесса – производство тепла и его транспорт, перенос тепла к месту потребления. Эти процессы происходят в двух разных технических системах. Производство тепла происходит на ТЭЦ или котельных, которые выдают тепло, в качестве теплоносителя. Теплоносителями обычно являются вода с температурой до 150°C и давлением 0,7-1,6 МПа. Транспорт теплоносителя осуществляется с помощью тепловых сетей. Тепловая сеть состоит из тепломагистралей (стальные трубы диаметром до 1400 мм) и распределительных сетей. На отводах от магистрали обычно устроены центральные тепловые пункты (ЦТП), от которых по распределительным тепловым сетям вода подается к жилым или производственным зданиям, или другим отапливаемым сооружениям.

Основными типами прокладки тепловых сетей в РФ на сегодняшний день являются наземная и канальная прокладка. Из общей протяженности тепловых сетей, составляющей более 250 тыс. км - более 85% составляют сети подземной прокладки в каналах. Эта особенность обусловлена сосредоточением основной массы тепловых сетей в районах городской застройки (наземная прокладка запрещена в пределах поселений) и применением устаревших технологий (отсутствие в период строительства предизолированных трубопроводов) в тепловых сетях. Подземная (канальная) прокладка в 90% случаев предусматривается в непроходных каналах и в 10% случаев - в проходных и полупроходных каналах. Практически вся система теплового распределения РФ унаследована от советского времени - она создавалась в период массового жилищного строительства 60-80-х годов.



На сегодняшний день именно тепловые сети оказались самым слабым звеном в системе теплоснабжения. Большая часть тепловых сетей выработала свой ресурс. Составляющие их трубопроводы находятся в неудовлетворительном состоянии, более 70% подлежат замене. Отсутствие необходимого финансирования и невыполнение планов капитального ремонта приводит к тому, что коммуникации стареют из года в год.

Основными видами повреждений трубопроводов тепловых сетей являются:

➤ Коррозия наружной поверхности трубопроводов, приводящая к образованию в них сквозных свищей. Главная причина коррозии – попадание в каналы поверхностных вод от затопления ливневыми и талыми водами. Вода, содержащая в себе в растворенном виде кислоты, соли, щелочи и другие вещества значительно ускоряет коррозионные процессы. Кроме того, коррозия наружной поверхности трубопроводов происходит при увлажнении изоляции трубопроводов (которая в силу своих свойств является гигроскопичной) из-за конденсации атмосферной влаги при периодических отключениях теплопроводов, приводящих к снижению температуры в условиях высокой влажности в непроходных каналах. Наличие блуждающих токов (далее - БТ) также создают опасность интенсивной коррозии наружной поверхности трубопроводов. Основные источники возникновения БТ, это трамвайные пути, электрические железные дороги, подземные электрические коммуникации и пр.

➤ Коррозия внутренней поверхности трубопроводов, причиной является присутствие в воде растворенного кислорода; наличие в воде растворенной углекислоты усиливает этот процесс. Трубопроводы горячего водоснабжения питаются водопроводной

водой (обычно без обработки), такая вода насыщена кислородом, который выделяется при нагревании. Следует отметить, что скорость коррозии прямо пропорциональна повышению температуры воды. Например, при ее повышении с 50 до 80° С скорость коррозии возрастает на 35%.

➤ Повреждения арматуры. К повреждениям арматуры относятся разрывы корпуса или крышки чугунных задвижек. Причиной разрыва являются плохое качество литья, наличие опасных напряжений при неправильной установке компенсирующих устройств (чугунные задвижки должны быть разгружены от всех усилий «мертвой» опорой). Выход из строя сальниковых компенсаторов из-за коррозионного износа, что приводит к недостаточной компенсации температурного удлинения трубы и возросшей нагрузкой практически на все элементы трубопровода.

➤ Дефекты фланцевых соединений и устройств для размещения приборов контроля: срыв с резьбы спускных и воздушных кранов, отрыв хвостовиков гильз для термометров, «выбивание» фланцевых прокладок из-за перекосов, коррозии и других дефектов привалочных поверхностей, недостаточной или неравномерной затяжки болтов, плохого качества прокладочного материала.

➤ Повреждения опорных конструкций трубопроводов. Срывы опор, скользящих элементов. Их разрушение от коррозионного износа, деформация.

➤ Дефекты сварных соединений. Некачественное выполнение сварки. Формальный неразрушающий контроль.

➤ Разрушение железобетонных конструкций канала. Обвалы покрывных плит, разрушение боковых стенок канала, просыпы грунта и др.

К вопросу диагностирования.

Поскольку любые сбои в обеспечении тепловой энергии негативно воздействуют на экономическое состояние страны, и усиливает социальную напряженность, необходимо знать фактическое состояние трубопроводов тепловых сетей для более эффективной и безопасной эксплуатации системы теплоснабжения.

Как правило, техническое диагностирование тепловых сетей сводится к испытанию их пробным давлением, но только используя современные методы технического диагностирования возможно получение объективной картины о состоянии тепловых сетей.

ООО «Промтехэкспертиза» проводит комплексную диагностику технического состояния трубопроводов, позволяющую выявлять участки трубопроводов, находящихся в напряжённо-деформированном состоянии, места с коррозионным утонением стенки трубопровода, утечки теплоносителя, дефекты строительных конструкций канала, нарушения теплоизоляционного слоя трубопровода, а также определять степень необходимости ремонта. Была разработана и внедрена система комплексной диагностики тепловых систем, включающая использование нескольких методов исследования. Отмечено, что применение комплексного подхода повышает достоверность выявления недопустимых дефектов.

Для оценки технического состояния трубопроводов теплосетей, помимо традиционных, визуального и измерительного контроля (ВИК), ультразвуковой толщинометрии (УЗТ) и ультразвуковой дефектоскопии (УЗД) на сегодняшний день применяются следующие методы:

➤ Метод топогеодезической съемки. Данный метод позволяет определить фактический маршрут

прокладки трубопровода, мест пересечения со смежными коммуникациями, отводов, врезок (в том числе несанкционированных), а также глубину залегания трубопроводов и контроля соответствия технической документации.

➤ Тепловизионный контроль. Данный метод позволяет выявить и оценить температурные аномалии, связанные с состоянием тепловой изоляции.

➤ Магнитная память металла. Метод позволяет выявлять участки трубопроводов с неоднородным напряжённо-деформированным состоянием, при котором в металле трубы при дальнейшей эксплуатации возникнут либо уже имеются повреждения различного характера. Разработанный метод магнитометрической диагностики основан на измерении искажений магнитного поля Земли (Нз), обусловленных изменением магнитной проницаемости металла трубы в зонах концентрации напряжений (ЗКН) и в зонах развивающихся коррозионно-усталостных повреждений. При этом характер изменений поля Нз (частота, амплитуда) обусловлен деформацией трубопровода, возникающей в нём вследствие воздействия ряда факторов:

- остаточных технологических и монтажных напряжений;
- рабочей нагрузки и напряжений самокомпенсации при колебаниях температуры наружного воздуха и среды (грунта, теплоносителя и т.д.);
- разрушения конструктивных элементов трубопровода (неподвижных и подвижных опор, обрушения плит перекрытия и пр.).

Отметим, что бесконтактное магнитометрическое обследование является косвенным методом диагностики трубопроводов, для наиболее глубокого технического



диагностирования тепловых систем необходимо сочетание с вышеописанными методиками исследования.

➤ Акустическая томография и корреляционное течеискание. Позволяет выявлять дефекты перенапряженного состояния (утонение стенки трубы за счет наружной и внутренней коррозии, разрушение конструктивных элементов трубопровода (неподвижных и подвижных опор, обрушений плит перекрытия и пр., недостатки компенсации теплового расширения труб), а также течи. При акустической томографии локальное утонение рассматривается в виде мембраны. Параметр колебаний – частота, зависит от соотношения толщин не нарушенной части трубы и дефекта и линейных размеров последнего: чем меньше дефект, тем больше частота колебаний. При воздействии на такой дефект нагрузкой от внутреннего давления и тока жидкости в трубопроводе происходит «переизлучение» звуковых колебаний, фиксируемых прибором. Для обнаружения местоположения дефектов, на концах обследуемого участка, в точках доступа (тепловые и смотровые камеры, подвалы домов, шурф и т. п), на поверхность трубы устанавливаются два виброакустических датчика, которые фиксируют звуковые сигналы, распространяющиеся по воде внутри трубы. Сигналы от датчиков передаются на блок оператора, где осуществляется автоматическая их обработка. В ходе обработки, поступающие акустические сигналы фильтруются для выделения значимых сигналов на фоне различных шумов. Далее осуществляется корреляционный анализ, позволяющий определить местоположение источника сигнала. О местоположении дефекта судят по расположению максимума корреляционной функции. Точность определения дефекта – 1 % от базы

постановки датчика, достоверность метода по фактору обнаружения наиболее опасных участков составляет 80%.

➤ Акустическое течеискание (шумофоны). Датчики (геофоны), которые размещаются на поверхности земли над трубопроводом. Геофон регистрирует и передает на блок оператора звуковые сигналы, распространяющиеся по грунту, в том числе шумы от тока воды по трубе и истечения теплоносителя в месте аварии. Оператор на слух анализирует шум и, продвигаясь вдоль теплотрассы, определяет местоположение течи. Шумофоны имеют значительный недостаток: «обнаруживаемость» аварий зависит от субъективной, «музыкальной» способности оператора распознать шум истечения воды на фоне городского шума и шума собственно тока воды по трубе. Некоторую помощь в выделении сигналов оказывают наборы фильтров, предусмотренные конструкцией прибора.

➤ Электрометрическое обследование. Проводится для определения участков трубопроводов с наличием фактора интенсификации коррозии в виде опасного влияния блуждающих токов используется метод электрометрического обследования. Блуждающие токи опасны, прежде всего, своей электрохимической активностью, которая приводит к ускоренной коррозии трубопроводов.

Приобретенный опыт проведения обследований тепловых сетей показывает, что в настоящее время нет оснований полагаться на какой-либо определенный метод диагностирования, т.к. для получения информации пригодной для практического применения о состоянии металла в каждой точке трубопровода, необходимо использовать комплексный подход, применять тот или иной метод исследования.

К практике.

За основным методом, на который возможно полагаться в процессе комплексного обследования принята акустическая томография. Выбор метода основан на возможности выявлять не только участки трубопровода, имеющие течи, но и места других критических дефектов, и, кроме того, производить оценку их опасности. Ведь не секрет, что выход из строя трубопровода в связи с местным утонением на 50-70% - это вопрос времени, причем по закону «падающего бутерброда», он происходит в самый неподходящий момент. И если наличие зафиксированной течи – уже сигнал к проведению срочного ремонта, то выявление местного коррозионного износа – это возможность предотвратить аварийную ситуацию в будущем.

В качестве примера. В процессе комплексного обследования состояния трубопроводов тепловых сетей были выявлены участки трубопроводов с критическими дефектами, в виде течи и коррозионного утонения. Обследование проводилось акустическим томографом «Каскад-3» при совместном использовании программного обеспечения (далее- ПО) «Акустическая томография - Каскад» - для диагностики трубопроводов горячего и холодного водоснабжения и ПО «Течь» – в качестве высокочувствительного корреляционного течеискателя.

При выполнении комплексного обследования с применением метода выявлены зоны с критическими дефектами (рис. 1, 2).

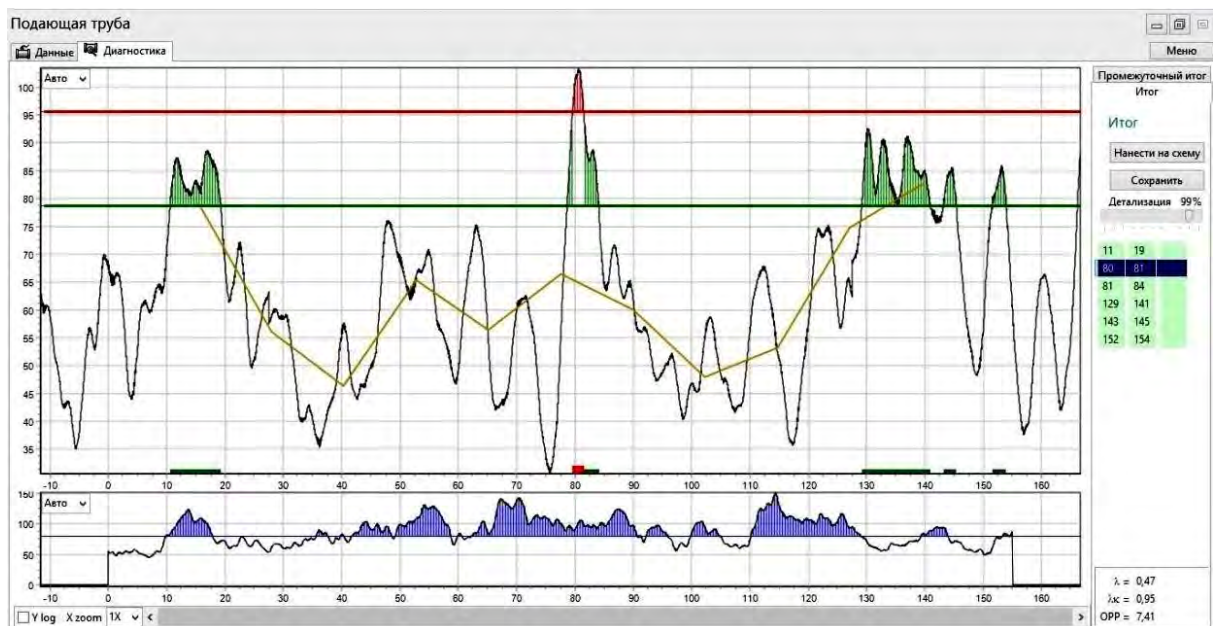


Рис. 1.

При проведении анализа результатов акустической томографии участка трубопровода на 80-81 м, с применением ПО «Акустическая томография – Каскад» была выявлена зона критического дефекта. На момент проведения полевых работ давление в трубопроводе составляло 0,3 МПа.

После обследования методом акустической томографии данный участок трубопровода подвергся гидравлическому испытанию на прочность. При наборе давления до 1,2 МПа на трубопроводе выявлена течь, лоцируемая в зоне нахождения критического дефекта по результатам

акустической томографии. Следует отметить, что рабочие характеристики

трубопровода: давление – 0,8 МПа, температура – 100⁰С.



Рис. 2

Было принято решение о шурфовке на данном участке 80 – 83 м. На отметки 81 м обнаружено «раскрытие» операционной крышки (латки) (рис. 3). Детальный осмотр латки показал, что сварной шов латки был выполнен без проплавления стенки трубы. То есть в сварном шве толщина металла составляла около 2,5-3 мм. Поэтому латка одномоментно раскрылась при повышении давления на такую значительную величину. Произойди подобная ситуация в отопительный период мы бы получили «котел» кипящей воды диаметром в несколько метров.



Рис. 3.

Помимо обнаружения мест с повышенными напряжениями на трубе, которые, обусловлены утонением стенки трубы за счет коррозии, и выявлении течей, акустическая томография

позволяет обнаружение мест с «перегрузкой».

При обследовании участка трубопровода на 140 - 145 м, с применением ПО «Акустическая томография - Каскад» была выявлена зона критического дефекта.

Осуществив шурфовку участка 140-146 м трубы, показанной акустической томографией как *Критический дефект* (рис. 5), выявлен концентратор напряжения в виде «заваленной» железобетонной плиты разрушившейся стенки канала (рис. 4) на протяжении 4 м на трубу на участке 139-143 м.



Рис. 4.

Это только некоторые примеры обследования магистрального трубопровода диаметром 530 мм, протяженностью 1184 п. м в двухтрубном

исполнении (прямая + обратная).
Выполнено 2 шурфа, в которых и
обнаружены дефекты, показанные на рис.
3, 4.

По результатам шурфового
обследования выявленные дефекты были
устранены, наложена новая тепловая
изоляция и продолжена эксплуатацию
трубопровода на данном участке.

К сожалению, это только малая
часть критических участков, которые
удалось обследовать достаточно
детально. Остальные выявленные места с
Критическими дефектами будут учтены
эксплуатирующей организацией при
составлении планов восстановительных
ремонтов.

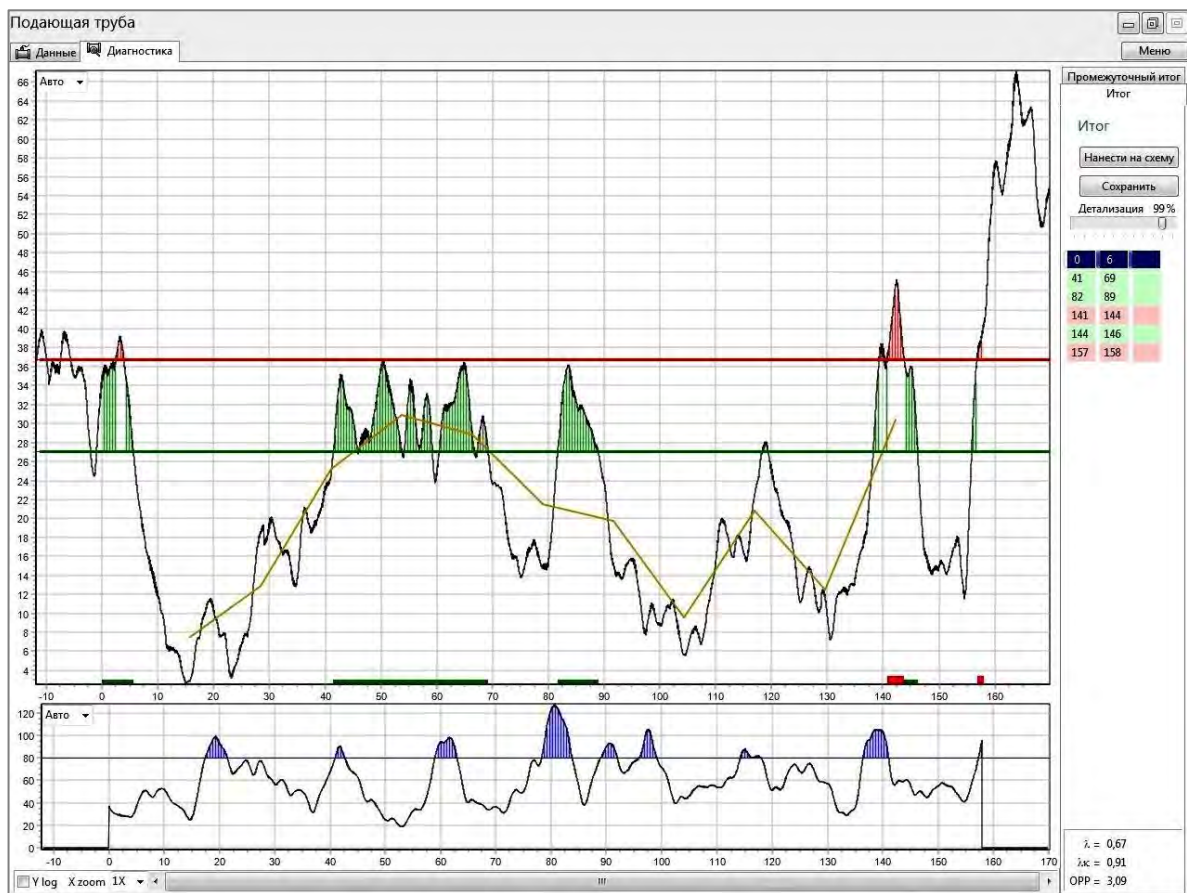


Рис. 5.

Выводы.

Как видно из примеров, для
повышения достоверности
диагностирования трубопроводов кроме
исполнительной документации, важно
рассматривать ремонтную документацию
(желательно за весь срок эксплуатации),
которая зачастую просто отсутствует,
ввиду стихийно проводимых ремонтов
диагностируемого трубопровода.

Применение вышеуказанных
методов позволяет получить
информацию о местоположении наиболее
опасных участков трубопровода, оценить
общее техническое состояние труб на
участке и определить возможность
дальнейшей эксплуатации или
капитального ремонта (перекладки)
трубопроводов тепловых сетей. Основой
для указанной оценки служит количество
выявленных критических дефектов и



уровень вероятности образования течей в этих местах.

Техническое диагностирование дает возможность оценить реальное состояние трубопроводов, что в свою очередь, позволяет осуществлять целевое

планирование проведения капитальных ремонтов (перекладок) и оказывает значительное влияние на повышение уровня безопасной эксплуатации трубопроводов тепловых сетей в целом.

Литература

1. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».
2. Федеральный закон от 27.07.2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении».
3. СО 153-34.0-20.673-2009 «Рекомендации по контролю технического состояния трубопроводов тепловых сетей методом акустической томографии».
4. Е.В. Самойлов «Акустическая томография – метод диагностики трубопроводов», М. «Новости теплоснабжения», 2014.
5. Технический отчет ООО «Промтехэкспертиза» по результатам комплексной диагностики состояния трубопроводов тепловых сетей.
6. И.В. Гранкин, Д.Б. Домрачев «Опыт применения метода акустической диагностики трубопроводов тепловых сетей», Журнал "Новости теплоснабжения", № 2, февраль, 2008, С. 33 – 35, www.ntsni.ru.



ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛА ПАРОПЕРЕПУСКНЫХ ТРУБ КОТЛОВ

УДК 67

Морозова О.В.	Металловед
Морозов Б.П.	Начальник отдела ЭПБ объектов котлонадзора, сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и тепловых сетей
Марков М.А.	Заместитель начальника отдела ЭПБ объектов котлонадзора, сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и тепловых сетей
Золотов В.А.	Заместитель начальника отдела ЭПБ объектов котлонадзора, сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и тепловых сетей
Титов С.А.	Эксперт в области промышленной безопасности Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

20.10.2015

Пароперепускные трубы работают в тяжелых условиях. К качеству труб работающих при высоких параметрах предъявляются высокие требования, так как от этого зависит надежность работы котла.

Парковый ресурс большинства необогреваемых гибов пароперепускных труб, работающих практически при максимальной температуре пара 540-560 °С в котлах, равен от 100 до 150 тыс. часов. Владельцы организации, эксплуатирующей технические устройства – котлы, при достижении паркового ресурса таких гибов принимают решение: планировать своевременную замену, либо продление остаточного ресурса элементов котла. Продление ресурса составляет 10-20% от стоимости новых элементов, что является экономически выгоднее для владельцев технических устройств, чем трудозатратный и дорогостоящий ремонт.

При продлении паркового ресурса элементов котла, работающих в условиях

ползучести, проводится углубленное техническое диагностирование элементов, которое включает в себя: анализ эксплуатационно-технической документации, визуально-измерительный, ультразвуковой, магнитопорошковый контроль, исследования структуры, свойств, повреждаемости в металле, химический анализ, фазовый (карбидный) анализ, механические испытания, исследования на длительную прочность металла и расчет остаточного ресурса.

Специалистами Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза», были проведены исследования которые показали, что долговечность элементов котлов и трубопроводов, работающих в условиях ползучести, зависит от соблюдения регламентированных требований по изготовлению, контролю, условиям эксплуатации и ремонту.

Гибы, а именно их растянутая зона, труб являются наиболее слабым участком и больше подвержена повреждениям, свидетельствующим

повышенным уровнем действующих напряжений. Общие факторы аварийных разрушений гибов являются напряжения от весовых нагрузок, компенсационные, от внутреннего давления и формы гiba.

Приведем пример на основании исследований вырезки из гiba диаметром 159 мм с толщиной стенки 15 мм из стали 12Х1МФ пароперепускной трубы котла типа ТГМ-84, спроектированной Таганрогским государственным заводом «Красный котельщик». Нарботка котла, на момент проведения исследования, составила 288154 часа.



Рис.1. Трещина на растянутой части гiba пароперепускных труб котла ТГМ-84.

В результате контроля по оценке микроповреждаемости металла неразрушающим методом при помощи реплик, были обнаружены недопустимые дефекты пароперепускного гiba Ø159×15, а именно шестой балл микроповреждаемости и слившиеся в цепочки микротрещины (см. рис. 2, 3).

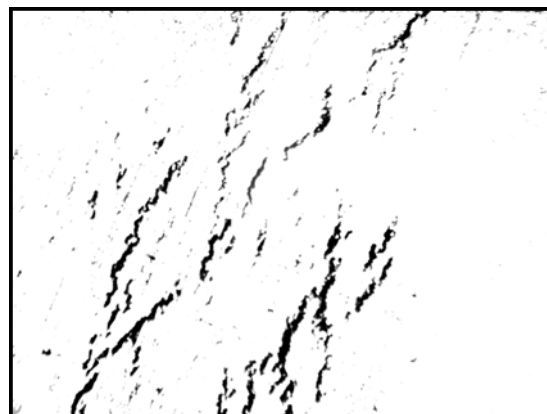


Рис. 2. Макроструктура трещин.

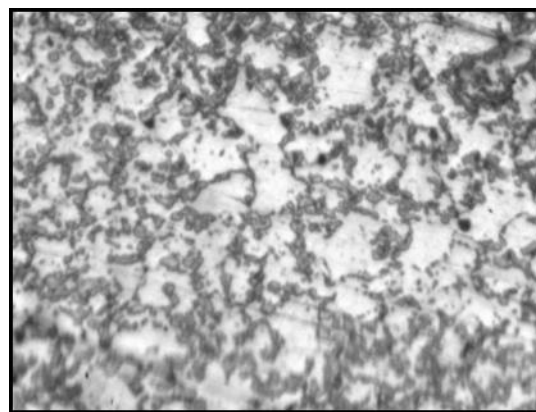


Рис. 3. Микроструктура металла гiba, ×500.

Результаты металлографического анализа оценивались по критериям деградации микроструктуры, развивающейся на гibe в условиях ползучести (остаточная деформация не превышает 0,8%).

В процессе ползучести произошли необратимые изменения, в металле возникли и развились несплошности в виде пор и микротрещин, легирующие элементы перешли из основного металла в карбиды. Изменения микроструктуры металла гiba из стали 12Х1МФ в условиях ползучести происходит в перлитной составляющей, а именно происходит процесс ее распада и сфероидизации. Степень сфероидизации перекристаллизованного перлита достигло 6 балла, сопровождавшееся увеличением феррито-карбидной структуры и выделением карбидной фазы. Нестабильность микроструктуры



при ползучести отражается через появление на границах зерен новых и укрупнение существующих карбидов. Зародившиеся поры на границах зерен объединяются в цепочки. Разрушение произошло вследствие разрыва перемычек между порами и слиянием, последующих в трещину. Трещины такого вида носят межкристаллитный характер. По результатам проведенного исследования поры и трещины расположены в растянутой зоне гниба.

По полученным результатам химического анализа металла гниба, процентное содержание кремния составило 0,40%, что превышает допустимые пределы 0,17-0,37%. Отклонение от норм химического состава по кремнию на $\pm 0,03\%$ является допустимым, согласно таблице 12 [3]. Процентное содержание элементов соответствует марки стали 12Х1МФ.

По данным фазового (карбидного) анализа суммарное предельное содержание всех легирующих элементов в карбидном осадке составило 38,77%, что не превышает 60% от общего (суммарного) содержания легирующих элементов в металле.

По результатам механических испытаний образцов из стали 12Х1МФ гниба наблюдалось снижение

прочностных характеристик: ударной вязкости КСЧ на $0,5 \text{ кгс}\cdot\text{м}/\text{мм}^2$ и предела текучести на $1,0 \text{ кгс}/\text{мм}^2$, что является допустимым [8.3.5, 1].

По результатам исследования на длительную прочность металла, наблюдалось хрупкое разрушение половины образцов прямого участка трубы с небольшим относительным удлинением, что может быть обусловлено дефектами в данном участке трубы. Значительного расхождения по времени до разрушения и деформационной способности металла растянутой зоны гниба и прямого участка в процессе испытания под действием напряжений от 157 МПа до 88 МПа не выявлено.

Вышеперечисленные результаты стали следствием исчерпания ресурса металла, что впоследствии стало причиной появления трещин. Для предотвращения и прогнозирования аварий необогреваемых гнибов, работающих в условии ползучести, необходимо строго соблюдать требования проектной организации, проводить промежуточный контроль пароперепускных труб котлов не реже сроков, установленных в РД 10-577-03 [2].

Литература

1. СО 153-34.17.470-2003 «Инструкция о порядке обследования и продления срока службы паропроводов сверх паркового ресурса».
2. РД 10-577-03 «Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций».
3. ТУ-ЗР-55-2001 «Трубы стальные бесшовные для паровых котлов и трубопроводов высокого давления».



СОДЕРЖАНИЕ ОТМОСТОК В ИСПРАВНОМ СОСТОЯНИИ – ГАРАНТИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ФУНДАМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

УДК 69

Борисов В.В.	Технический директор Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Высоких Р.В.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Равинский И.Д.	Эксперт в области промышленной безопасности Зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности;
Блатов А.А.	
Хохлов В.Г.	Эксперт в области промышленной безопасности.

20.10.2015

Аннотация. В статье изложены основные мероприятия, соблюдение которых обеспечит надежность и безопасность зданий и сооружений в период эксплуатации.

Ключевые слова: безопасная эксплуатация, дефекты и повреждения, техническое состояние.

При проведении экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений, в том числе анализируется состояние строительных конструкций объекта экспертизы. Наряду с надземной частью здания анализу подлежит состояние фундаментов и грунтов основания.

В комплекс мероприятий защиты фундаментов, стен и грунтов основания от воздействия влаги входят: планировка территории, обеспечивающая отвод воды от стен здания, гидроизоляция конструкций фундаментов, качественно выполненные работы по засыпке пазух, устройство водонепроницаемой отмостки по периметру здания, организация сети ливневой канализации.

В процессе экспертизы промышленной безопасности зданий и

сооружений, при проведении обследования, на данный момент является нормой плачевное состояние отмостки по периметру объекта, связанное с недооценкой влияния отмостки на конструктивные элементы здания или сооружения.

Чем опасно разрушение отмостки:

1. Снижение несущей способности фундамента;
2. Снижение несущей способности грунтов основания;
3. Замачивание конструкций стен и как следствие поражение их грибом.

Факторы, способствующие разрушению отмостки:

1. Изменение технологии устройства отмостки (нарушение технологических этапов и неправильный расчет параметров конструкции, при

монтаже не были учтены свойства грунтов, относящиеся к сезонным изменениям их состояния, пренебрежение устройством демферных швов, принимающих на себя все возникающие в конструкции напряжения);

2. Отсутствие правильной эксплуатации отмостки (отсутствие принятия мер для отвода дождевых потоков с поверхности отмостки);

3. Создание влажного микроклимата (тенивая сторона здания или сооружения) в непосредственной близости от отмостки, приводящее к образованию на поверхности отмостки мхов и лишайников.

4. Отсутствие своевременных ремонтных мероприятий.

Требования к обеспечению правильной эксплуатации отмостки в частности изложены в [6]:

1. Необходимость поддержания в надлежащем техническом состоянии отмостки (п. 3.9.2; п. 9.9);

2. Проверка состояния водостоков, отмосток и ливнеприемников при проведении весеннего осмотра зданий и сооружений (п. 6.7);

3. Согласование работ по вскрытию фундаментов, с разрушением локальных участков отмостки (п. 8.1.7);

4. При осмотре стен зданий из кирпича, крупных блоков и крупных панелей необходимо особое внимание обращать на участки сопряжения стен с отмосткой (п. 8.8.1).



Фото 1.

На фото 1 асфальтовая отмостка имеет разрушение финишного слоя. Причиной является отсутствие своевременных ремонтных работ по всей протяженности отмостки. Причиной локального разрушения отмостки в зоне водосточной трубы является расположение низа трубы на высоте более 800мм, а так же отсутствие водоприемных лотков системы ливневой канализации. Как следствие неудовлетворительного состояния отмостки мы можем видеть разрушение как отделочных слоев цоколя, так и отдельных кирпичей кладки цоколя на глубину до 60 мм. Поражение мхом (в результате постоянного увлажнения) кладки цоколя и бетона фундамента. А также разрушение бетона фундамента на глубину до 80 мм.

В последние годы в связи с появлением новых материалов, заметно меняется технология устройства отмостки. Примеры изменения технологии носят как положительный, так и отрицательный характер. Наряду с применением утепленных отмосток (из материалов, выполняющих комбинированное действие - утепляющих и гидроизолирующих), встречаются отмостки из брусчатки (данный вариант не обеспечивает достаточную гидроизоляцию).

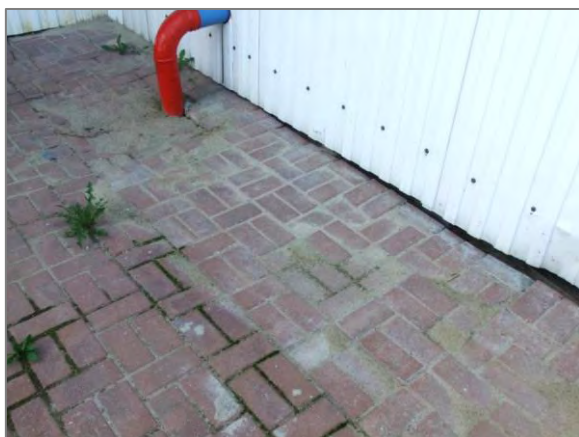


Фото 2

В отмостке из брусчатки (фото 2), выявлено сразу несколько негативных факторов: локальные участки просадки отмостки, наличие в швах отмостки мхов и прочих растений, не выполнено примыкание отмостки к стеновому ограждению.

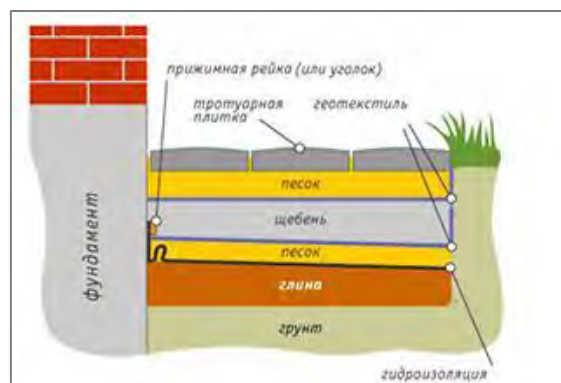


Фото 3

На фото 3 представлено решение устройства отмостки, сочетающее в себе гидроизоляционные свойства, присущие «классической отмостке», и внешний вид отделочного слоя в виде тротуарной плитки (брусчатки).

Таким образом, следуя требованиям нормативных документов, используя современные решения по организации отмостки, владельцы зданий и сооружений могут обеспечить не только защиту конструкций (фундаментов, стен), долговечность отмостки, но и придать ей соответствующий эстетический вид.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Свод правил СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 М.
3. Свод правил СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 М.
4. ГОСТ 31937—2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
5. Свод правил СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85».
6. ПОТ Р О – 14000-004-98. Положение «Техническая эксплуатация промышленных зданий и сооружений».



НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

УДК 624.014; 624.953

Ширяев А.М.	Канд.техн.наук, эксперт в области промышленной безопасности
Егоров П.А.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Малеев О.А.	Зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Морозов Б.П.	Начальник отдела ЭПБ объектов котлонадзора, сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и тепловых сетей
Марков М.А.	Заместитель начальника отдела ЭПБ объектов котлонадзора, сосудов, работающих под давлением, тепловых установок и тепловых сетей
Максимов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности

21.10.2015

Настоящая статья посвящена вопросам проведения экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ), технического диагностирования (ТД) и неразрушающего контроля (НК) трубопроводной арматуры. Указанные работы проводились на опасных производственных объектах - магистральных нефте-, газо- и продуктопроводах. Объектами экспертизы являлись задвижки, обратные и предохранительные клапаны и т.д., отработавшие нормативный срок службы, разной конструкции и разных производителей, всего более 100 единиц. В статье представлен аналитический обзор особенностей проведения ЭПБ, которую совмещали с техническим диагностированием (освидетельствованием) и проводили с целью определения возможности и условий продления срока службы технических устройств. При этом руководствовались требованиями

нормативно-технических документов, приведенных ниже, преодолевая имеющиеся в них противоречия. Это отразилось как на процедуре экспертизы, так и на форме отчетных документов.

Запорная трубопроводная арматура предназначена для управления потоками жидкой или газообразной рабочей среды в трубопроводах. В соответствии с [1], указанная арматура относится к техническим устройствам, эксплуатируемым на опасных производственных объектах.

Экспертиза трубопроводной арматуры проводилась в соответствии с НТД [1-4]. Программа работ по ЭПБ включала:

- анализ технической документации;
- анализ технических характеристик и условий эксплуатации;
- техническое диагностирование;
- устранение выявленных замечаний по результатам контроля;

- проведение поверочных расчетов и оценку остаточного ресурса и срока службы;
- составление технического заключения по результатам контроля и заключения ЭПБ.

Программа ЭПБ и технического диагностирования разрабатывалась на основании [5] и согласовывалась с ЗАО «НПФ «ЦКБА». Она определяла минимальный базовый и дополнительный объем НК. Минимальному базовому объему НК подвергались все объекты, он включал:

- визуальный и измерительный контроль (без демонтажа и разборки, в рабочем состоянии, в доступных местах);
- гидравлическое испытание (ГИ) на прочность;
- ГИ на герметичность;
- акустико-эмиссионный (АЭ) контроль корпусных элементов;
- акустический контроль герметичности затвора;
- измерение твердости корпусных и крепежных элементов;
- химический анализа и металлографические исследования проб металла корпусных и крепежных элементов;
- ультразвуковую толщинометрию стенок корпусных элементов.

АЭ контроль корпусных элементов задвижек проводился как при ГИ задвижек рабочей средой, так и при подъеме-опускании затвора. Общий вид объекта контроля – линейной задвижки магистрального нефтепровода (МН), иллюстрирует рис.1, а нефтеперекачивающей станции (НПС) – рис. 2 и 3.



Рис. 1. Внешний вид линейной задвижки магистрального нефтепровода.



Рис. 2. Внешний вид задвижек насосных агрегатов НПС.



Рис. 3. Внешний вид задвижек
коллектора НПС.

На рис. 4 приведена схема размещения датчиков АЭ на объекте контроля. Как видно из рисунка, АЭ контроль корпусов задвижек проводился в малоканальном экономном варианте системы контроля (в базовом объеме), с использованием малоканальной конфигурации акустико-эмиссионной аппаратуры.

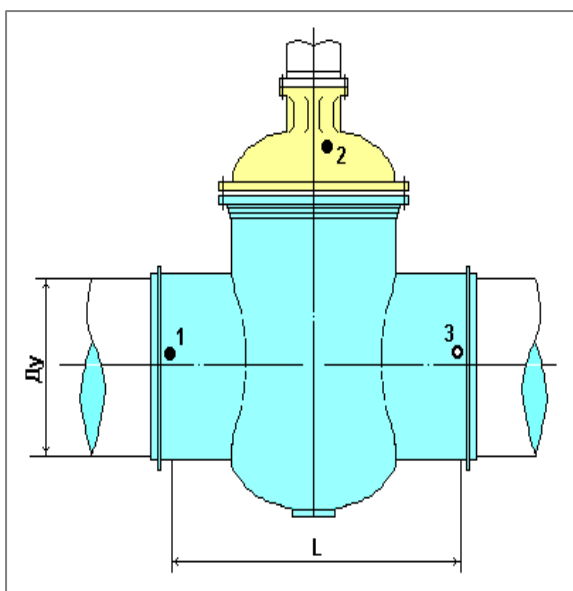


Рис. 4. Схема расстановки датчиков АЭ
на объекте контроля.

Эта схема позволяет просто, эффективно и точно определять наличие и местонахождение активных источников АЭ (представляющих опасность для

эксплуатации). В особых случаях (при сложной и неоднозначной интерпретации результатов) контроль проводили повторно с увеличенным количеством датчиков (каналов АЭ системы) для более точной локализации источников АЭ.

Для каждой задвижки брались пробы металла корпусных и крепежных элементов для химического анализа и металлографических исследований.

При ТД и НК задвижек существуют специфические особенности, влияющие на методы диагностирования и условия проведения работ. Об одной из них следует упомянуть особо.

Согласно [7], величина максимального испытательного давления $P_{исп}$ при АЭ контроле на 5-10% должна превышать максимальную эксплуатационную нагрузку. Если для задвижек НПС это требование не вызывает существенных проблем, то для линейных задвижек МН величина $P_{исп}$ ограничена установленным режимом перекачки нефти, а средства нагружения (насосные агрегаты) могут находиться на большом удалении на НПС выше по потоку нефти. К тому же, величина проектного (максимально возможного) рабочего давления нефтепровода существенно превышает фактическое рабочее давление в трубопроводе в месте установки задвижки. Поэтому требование перегрузки объекта при ГИ и АЭ контроле линейных задвижек неосуществимо.

Вместе с тем, применение метода магнитной памяти, рекомендуемого [5] в качестве и альтернативы методу АЭ контроля, для линейных задвижек МН, менее информативно из-за возможного остаточного влияния магнитных внутритрубных инспекционных приборов, которое также необходимо учитывать экспертам и специалистам НК.

В связи с этим, по согласованию с заказчиком экспертизы программа работ по ЭПБ ориентировалась на выбор «наихудшего» представителя из группы однотипных объектов для проведения разрушающих испытаний и дополнительного дефектоскопического контроля (ДДК) инструментальными методами НК (тензометрический, капиллярный, магнитопорошковый, ультразвуковой и акустико-эмиссионный) и металлографических исследований.

На рис.5 приведена фотография отобранного по результатам обследований «наихудшего образца» клиновой задвижки Ду1200 мм и Руб МПа, оснащенной днищами (обозначено стрелкой) для обеспечения герметичности и проведения опрессовки, а на рис. 6 – подготовка объекта контроля с нанесением искусственного трещиноподобного дефекта-концентратора напряжений.



Рис. 5. Внешний вид «наихудшего образца» клиновой задвижки Ду1200 мм и Руб МПа, оснащенной днищами (обозначено стрелкой) для обеспечения герметичности и проведения опрессовки.



Рис. 6. Подготовка объекта контроля с нанесением искусственного трещиноподобного дефекта-концентратора напряжений.

Для обеспечения высокой эксплуатационной надежности задвижек при проведении натурных механических испытаний отобранного "наихудшего представителя" задавались соответствующие коэффициенты запаса прочности. При положительных результатах испытаний наихудшего представителя по уровню коэффициентов запаса прочности, которые определялись по нагрузке срабатывания трещины с помощью методов акустической эмиссии и тензометрии, используемым для визуализации процесса разрушения на самых ранних стадиях его развития, после необходимых расчетов, анализа и вычислений допускалась эксплуатация исследуемой группы задвижек.

Акустический контроль герметичности затвора проводили совместно с АЭ контролем корпусных элементов (см. рис.7). При этом регистрировали амплитуду непрерывной АЭ с датчика, установленного на корпусе задвижки, в состоянии, исключающем протечку (задвижка открыта, перепад давления на всасе и выкиде равен нулю), и в рабочем состоянии (задвижка закрыта, перепад давления на всасе и выкиде превышает 0,5 МПа). В дополнение к рекомендациям [5] проводили АЭ контроль плавности и

равномерности работы привода и перемещения затвора. Для АЭ контроля использовали современные мобильные многоканальные акустико-эмиссионные системы отечественного производства.



Рис. 7. Проведение акустико-эмиссионного контроля герметичности затвора и корпусных элементов задвижки.

По результатам базового НК для каждой задвижки индивидуально определялась необходимость, объем и место проведения ДДК. Вместе с базовым НК проводили металлографические исследования состояния металла корпусных элементов и крепежных деталей, расчеты на прочность и оценку остаточного ресурса. Необходимость этих работ, прежде всего, связана с тем, что условия эксплуатации большинства задвижек МН соответствуют режиму повторно-статического нагружения и требуют учета малоциклового усталости.

Дополнительно к указанным выше исследованиям проводили анализ показателей эксплуатационной надежности арматуры. Требования к надежности контролируемых задвижек МН соответствуют [8]. В соответствии с программой, в качестве показателя надежности использовалась вероятность безотказной работы арматуры в период

назначенного (остаточного) ресурса (продленного срока службы), которая должна быть не менее 0,95. Критерием предельного состояния для задвижек является разрушение или потеря плотности материала корпусных элементов, работающих под давлением рабочей среды. При расчете показателей надежности задвижек для получения представительной выборки по наработке арматуры вместе с данными по диагностируемыми задвижкам использовали данные по задвижкам схожей конструкции, условного диаметра, условного рабочего давления, с близкими сроками и режимами эксплуатации. Расчет надежности проводился в соответствии с [9]. В качестве единственной априорной информации для расчета использовалась гипотеза о нормальном (распределение Гаусса) законе распределения срока эксплуатации задвижек по наработке до отказа или ремонта (ограничения срока службы).

Результаты контроля технического состояния задвижек выявили значительное количество замечаний, снижающих их надежность. Наиболее существенные из них связаны с дефектами сварных соединений задвижки с трубопроводом, узла крепления клинового затвора, механическими повреждениями редукционного устройства, недопустимой «разнотолщинности» свариваемых деталей, дефектами литья корпусных элементов, несоответствия рабочих параметров и класса герметичности затвора, состоянием металла корпусных и крепежных элементов.

При этом, следует отметить, что по результатам визуального-измерительного контроля и ультразвуковой толщинометрии на всех задвижках МН не выявлено следов коррозии (эрозии). Практически отсутствуют видимые поверхностные

дефекты, появившиеся или развившиеся в процессе эксплуатации на наружной поверхности корпусных элементов и крепежных деталей. Вместе с тем, на ряде задвижек были обнаружены недопустимые дефекты металлургического происхождения. Кроме этого, на одном из обвязывающих трубопроводов обнаружены участки язвенной коррозии с глубиной дефектов до 50% толщины стенки и т.д.

По результатам АЭ контроля корпусных элементов при ГИ на нескольких задвижках зарегистрированы критически активные (III класс) источники акустической эмиссии [7], которые, как показал последующий ультразвуковой контроль, в основном, были связаны с протяженными дефектами в виде несплошности сварных соединений задвижек с трубопроводами. Критически активный источник АЭ зарегистрирован и в зоне язвенной коррозии, отмеченной выше. В этом случае до проведения ремонтных работ величину максимальной эксплуатационной нагрузки ограничили значением испытательного давления, соответствующего моменту регистрации указанного источника АЭ. Таким образом, по результатам АЭ был определен уровень безопасной эксплуатационной нагрузки.

Метод АЭ не только позволяет контролировать наличие опасных развивающихся дефектов, но и дает информацию о наличии и уровне деградации металла в целом, поскольку отслеживает развитие системы микротрещин под нагрузкой. В ходе работ обнаружена устойчивая количественная корреляция результатов АЭ контроля и металлографии.

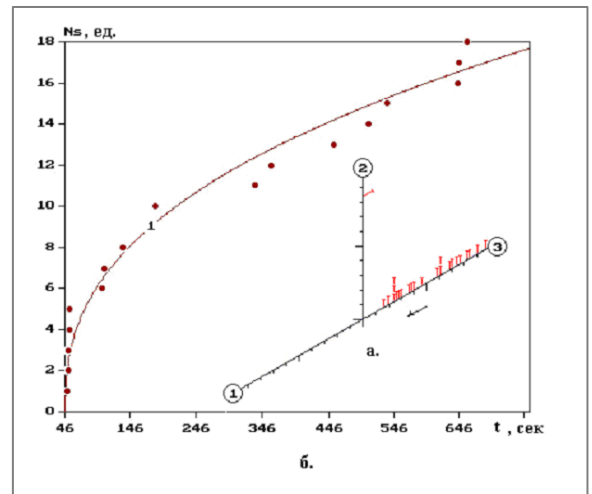


Рис. 8. Локационная развертка объекта контроля (а): номера каналов (датчиков АЭ) обозначены арабскими цифрами, результаты локации источников обозначены штрихами, цена деления масштабной сетки равна 0,1м.

Регрессионный анализ зависимости числа лоцированных актов АЭ от времени нагружения (б): 1 – регрессионная кривая. Классификация источника АЭ: пассивный (I класс).

В качестве примера на рис. 8 приведены результаты АЭ контроля линейной задвижки МН: локационная развертка объекта контроля (а) и регрессионный анализ зависимости числа лоцированных актов АЭ от времени нагружения (б), используемый для оценки его активности (опасности). Зарегистрирована зона акустической активности, локализованная на корпусе в области патрубка, соответствующая пассивному источнику (I класс) АЭ. При последующем ультразвуковом контроле сварного соединения задвижки с трубопроводом дефектов не обнаружено. Учитывая пассивный характер и значительные размеры зоны акустической активности, было сделано заключение, что она связана с наличием процесса накопления рассеянных повреждений (деградации металла). Это подтвердили металлографические

исследования образцов-срубов корпусных элементов, приведенные ниже на рис.8.

Дефекты герметичности затворов, выявленные акустическим методом, проверялись прямыми измерениями, за которыми оставалось "последнее слово": если нарушение герметичности затвора подтверждалось данными прямых измерений, то для таких задвижек снижали класс герметичности. По критерию дефекта герметичности затвора для одной линейной задвижки (производства Лейпцигского завода) и одной задвижки НПС (производства Пензенского завода) был существенно ограничен срок службы до полной ее замены.

Как показал анализ результатов микро- и макроструктуры металла, для большинства диагностируемых задвижек условия эксплуатации не вызвали значительных деградиционных изменений структуры и механических свойств корпусных элементов и крепежных деталей. Однако в ряде случаев такие изменения были зарегистрированы. Так, например, при нормальном уровне твердости H_B на корпусных элементах и крепежных деталях линейных задвижек производства Магдебургского и Лейпцигского заводов обнаружено повышенное количество структурно-свободного цементита (см. рис.9,а) с образованием игольчатой структуры (см. рис.9,б), что свидетельствует о существенной деградации (старении) металла в процессе эксплуатации. Более поздняя стадия этого процесса связана с образованием рассеянных микротрещин (см. рис.9,в), накопление которых сопровождается акустическим излучением и может закончиться разрывом.

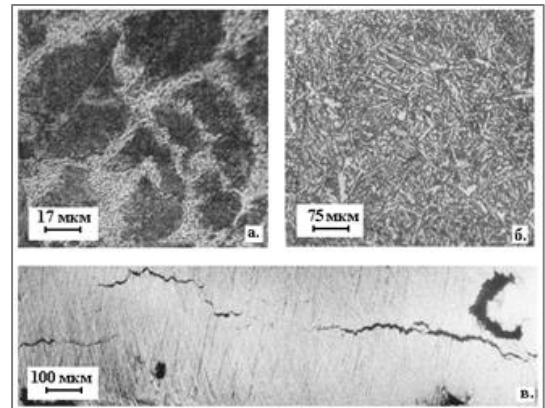


Рис. 9. Микроструктура металла корпусных элементов задвижек.

На основании данных анализа технической документации, условий эксплуатации, визуального и измерительного контроля, НК дефектов, ультразвуковой толщинометрии стенок корпусных элементов, измерениях твердости корпусных элементов и крепежных деталей, при использовании данных металлографических исследований проводился прочностной анализ корпусных элементов и крепежных деталей, а также оценка срока службы и ресурса по критериям разрушения от общего коррозионного (эрозионного) износа и малоциклового усталости. По их результатам установлено, что все обследованные задвижки удовлетворяют действующим нормам статической и циклической прочности при соответствующем условном рабочем давлении, температуре не более $+50^{\circ}\text{C}$, фактической скорости коррозии не более 0,12 мм/год, при условии продления срока службы на 10 лет.

Вместе с этим, с учетом данных металлографии и необходимости сохранения высокой эксплуатационной надежности задвижек в течение продленного срока службы, в ряде случаев срок службы и остаточный ресурс задвижек был существенно ограничен.

Анализ результатов технического диагностирования задвижек МН, с учетом устраненных замечаний и дефектов, показал сохранение высокой работоспособности запорной арматуры в целом. Результаты этой работы будут полезны при разработке программ реновации и капитального ремонта арматуры. Вместе с этим, проведена апробация используемых методик НК и технического диагностирования состояния задвижек в условиях действующих нефтепроводов.

В результате проведенной экспертизы рассмотрена и изучена документация, представленная заказчиком на технические устройства, указанные выше, которая приведена в заключениях экспертизы и в полном объеме обеспечивает идентификацию объектов экспертизы на выполнение требований промышленной безопасности.

Анализ технических характеристик, условий эксплуатации и технического диагностирования задвижек свидетельствует о том, что их состояние в основном соответствует требованиям промышленной безопасности и действующей нормативно-технической документации.

Выявленные в ходе технического диагностирования замечания и дефекты устранены и отремонтированы, а подавляющее большинство задвижек признаны пригодными к дальнейшей эксплуатации при рабочих параметрах, указанных в паспортах.

По результатам технического диагностирования и расчета показателей эксплуатационной надежности при продлении назначенного срока службы и ресурса арматуры соответствующие значения, с учетом реальной наработки объектов экспертизы, удовлетворяют требованиям действующих норм надежности трубопроводной арматуры

при продлении назначенного срока службы от 1 до 10 лет.

Аналогичные скрупулезные исследования с применением методов НК и ТД проводились также для арматуры других типов (обратных и предохранительных клапанов и др.).



Рис. 10. Внешний вид предохранительных клапанов.

На рис. 10 представлен внешний вид предохранительных клапанов. Несмотря на существенные различия в конструкции и условиях эксплуатации указанной здесь трубопроводной арматуры, ей свойственны общие черты, используемые при неразрушающем контроле, техническом диагностировании и экспертизе промышленной безопасности.

По результатам ЭПБ упомянутых выше технических устройств заказчику были своевременно выданы заключения, которые были утверждены в территориальных управлениях Ростехнадзора. За последующий после выдачи заключений ЭПБ период эксплуатации рекламаций и замечаний по работоспособности арматуры не было.

Заключение.

Приведенные материалы указывают, что, несмотря на специфику различных технических устройств, в вопросах их экспертизы и оценки технического состояния много общего.



Это, прежде всего, относится к целям самой экспертизы, а также к возникающим при этом задачам и используемым методам. Вместе с тем, в каждом конкретном случае при проведении экспертизы технического устройства необходимо учитывать его

конструктивные особенности, а также особенности условий эксплуатации, и выявлять определяющие факторы, обуславливающие безопасную и безаварийную эксплуатацию конкретного образца конкретного технического устройства.

Литература

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов / Федеральный закон от 21.07.97г. №116-ФЗ (с изменениями).
2. ФНП «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14.11.2013 г. № 538.
3. Методические рекомендации по осуществлению идентификации опасных производственных объектов, утв. приказом Ростехнадзора от 5 марта 2008 г. N 131.
4. ГОСТ Р 55435-2013 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Эксплуатация и техническое обслуживание. Основные положения Приказом Росстандарта от 23 мая 2013 г. N 121-ст утвержден для добровольного применения.
5. РД 08.00-29.13.00-КТН-012-1-05 Положение о порядке проведения технического освидетельствования и продления срока службы трубопроводной арматуры нефтепроводов, ОАО «АК «ТРАНСНЕФТЬ», утвержден 31.01.2005.
6. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы актуальная редакция СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы.
7. ПБ 03-593-03. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов.
8. СТ ЦКБА 043-2008 «Арматура трубопроводная. Порядок нормирования и контроля надежности и безопасности».
9. РД 302-07-279-89. Арматура трубопроводная. Методика оценки надежности по результатам испытаний и (или) эксплуатации. – Л., ЦКБА, 1989.
10. РД 153-39.4Р-124-02. Положение о порядке проведения технического освидетельствования и продления срока службы технологического оборудования НПС МН, ИПТЭР, 2002.
11. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы актуальная редакция СНиП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы.

ПУЗЫРЬКОВЫЙ МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАКУУМНЫХ РАМОК

УДК 620.165.29.05

Вакатов А.В.	Эксперт по объектам котлонадзора и сосудов, работающих под давлением Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Куценко М.М.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Чуфаров М.В.	Инженер-дефектоскопист ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Зорин П.Н.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Бикинцев Д.В.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»

26.10.2015

В силу того, что резервуары РВС (фото 1) представляют собой металлоконструкции, находящиеся в сложном напряженно-деформированном состоянии, и дополнительно подвергаются воздействию гидростатического давления, температурных напряжений, ветровой и снеговой нагрузки и осадки, в процессе их эксплуатации могут появляться различные дефекты.



Фото 1. РВС-5000.

Поскольку дефекты снижают эксплуатационную надежность резервуаров, необходимо регулярно

организовывать их техническое диагностирование, направленное на своевременное выявление дефектов.

Объектом технического диагностирования (дефектоскопии) является обнаружение дефектов, которые могут стать причиной аварии резервуаров, таких как:

- дефекты сварки, допущенные при монтаже;
- дефекты, допущенные при заводской сварке;
- использование металлопроката, марка или толщины которого не соответствует проекту;
- неравномерная осадка фундамента трубопроводов;
- угловатость вертикальных монтажных швов;
- вмятины и выпучины на стенке, днище и кровле;
- уменьшение толщин днища и стенки в результате коррозии;
- коррозия верхнего пояса и кровли резервуара;

- изменение режима эксплуатации резервуара, не предусмотренное проектом.

Соответственно, в результате технического диагностирования (дефектоскопии) резервуаров должны быть выявлены следующие потенциальные проблемы:

- дефекты в металле и сварных соединениях;
- изменения геометрических размеров и формы элементов резервуара;
- изменения структуры и механических свойств металла;
- нарушение герметичности листовых конструкций.

На одном из предприятий, на котором проводились работы по экспертизе промышленной безопасности, была определена утечка продукта (бензин) из днища резервуара вертикального стального РВС объемом 5000м³.

Табл. 1.

Габаритные размеры РВС-5000		
Объем	м ³	5 000
Диаметр	мм	22 800
Высота	мм	12000
Количество рулонов (при методе рулонирования)	рулон	3

Стенка резервуара РВС 5000 м3		
Масса стенки	кг	54 100
Количество поясов стенки	пояс	8
Толщина верхнего пояса стенки	мм	7
Толщина нижнего пояса стенки	мм	9
Крыша резервуара РВС 5000 м3		
Масса крыши	кг	33 947
Толщина настила крыши	мм	5
Днище резервуара РВС 5000 м3		
Масса днища	кг	18 975
Толщина днища: центральной части/окраек	мм	5/8
Общая масса резервуара РВС 5000 м3	Кг	123428

В близи РВС образовалась утечка продукта диаметром 5м2, в экстренном режиме этот резервуар был освобожден от продукта в резервный РВС. Были приглашены специалисты по обнаружению места утечки продукта. При визуальном контроле, днища резервуара, дефекты, через которые выходил продукт, небыли выявлены. Были обнаружены местные выпучины листового металла (хлопуны) (рис. 1) высотой до 200 мм (при площади 3 м2), что не превышает отбраковочных размеров [1]. Была проведена толщинометрия днища резервуара прибором ультразвуковой толщиномер ТУЗ-2 (фото 2.) Прибор показал, что толщина листов днища РВС не превышает отбраковочную толщину [1]. Для следующего вида контроля был выбран - течеискание (пузырьковый

метод с использованием вакуумных рамок) (фото 3.) Данный метод неразрушающего контроля, позволяет обнаруживать дефекты, выходящие на поверхность, такие как трещины, раковины, непровары, поры и другие несплошности поверхности и околошовной зоны. Контролю течей подвергаются сварные соединения днищ, центральной части понтона и плавающей крыши.



Фото2. Ультразвуковой толщиномер ТУЗ-2.

Вакуумный контроль течей основан на регистрации мест натекания газа в замкнутый объем вакуум-рамки, имеющий герметичный контакт с поверхностью контролируемого изделия. Обнаружение дефектов производится по образованию и увеличению размеров пузырьков пенообразующей жидкости в местах расположения несплошностей. При контроле данным способом, со стороны проверяемого участка сварного соединения, смоченного индикаторным раствором, устанавливается вакуум-камера и в ней создается разрежение. Благодаря образующемуся при этом перепаду давления, атмосферный воздух проникает через сквозные дефекты, вызывая их пузырьковую индикацию.

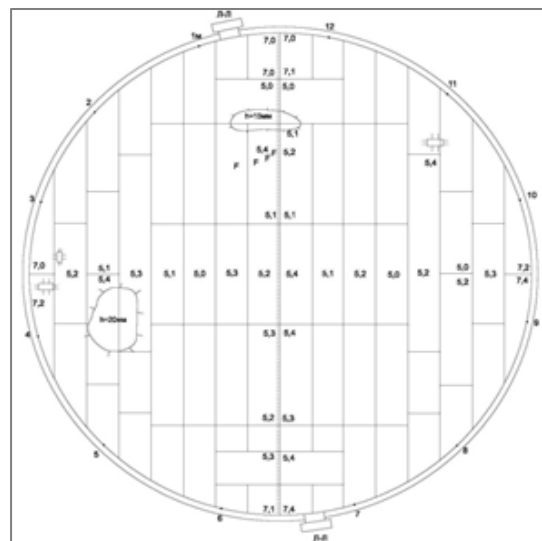


Рис. 1. Расположение хлопунгов с замерами толщины днища.

По скорости увеличения размеров пузырьков можно судить о размерах дефекта. В результате контроля вакуумным способом эксперт может выявить все сквозные микродефекты, фильтрация воды через которые происходит настолько медленно, что может быть маскирована из-за наличия конденсата на поверхности конструкции. Результаты вакуумного контроля при необходимости позволяют количественно охарактеризовать непроницаемость сварного соединения.

Вакуумный контроль течей дает возможность:

- проверять соединения конструкций, имеющих односторонний доступ;
- производить контроль непосредственно за сваркой, не дожидаясь изготовления всей конструкции;
- контролировать при избыточном давлении до 10 ГПа сварные конструкции, испытания, которых по условиям безопасности проводятся при избыточном давлении воздуха, равном 1,5 ГПа..7 ГПа, что повышает чувствительность контроля;
- в комбинации с другими методами ускорить проникание

дефектоскопических материалов в несплошности сварного шва и основного металла, что повышает чувствительность и производительность контроля.

Абсолютная чувствительность контроля определяется предельной скоростью натекания газа в полость вакуумной камеры через дефекты и достигает (расчетный предел) величины 1.10-2мм³ МПа/с.



Фото 3. Вакуумные рамки.

Для наиболее полного выявления полостей сварного шва (трещин, несплавлений и др.) достаточно создать перепад давлений до 0,5 Атм.

С целью выявления причин утечки продукта из обследуемого РВС, специалистами экспертной организации были проведены работы по средствам контроля, с применением

пузырькового метода, с использованием вакуумных рамок. Контролю подвергались все стыковые сварные швы днища РВС, уторные швы приварки днища и стенки резервуара, дефекты, выходящие на поверхность сварного соединения и околошовной зоны в виде: трещин, раковин, непроваров и пор. Однако, сами дефекты и причина утечки продукта были не выявлены.

Было принято решение обследовать сварные швы и

околошовную зону выпуклостей (хлопунов), пузырьковым методом с использованием вакуумных рамок, еще раз. Перед проведением обследования, зоны выпуклостей (хлопунов) предварительно подвергли принудительной деформации, создав искусственную гидростатическую нагрузку с восстановлением первоначальной формы.

На одном из выпуклостей (хлопуне), на котором создали нагрузку, в сварном соединении обнаружили, раскрывающуюся при нагрузке хлопун, трещину, через которую выходил продукт из днища резервуара.

Такие трещины в днище резервуара часто образуются из-за многократной переменной деформации. Выпуклость (хлопун) днища при высоте залива под действием гидростатического давления прогибается вниз, а при сливе продукта под действием упругих сил возвращается в верхнее положение.

Хлопуны работают в режиме малоциклового нагружения хлопок - выхлоп и на их границах при определенном числе циклов образуются усталостные трещины.

Пузырьковые методы контроля герметичности имеют широкое применение в химической и нефтехимической промышленности, благодаря своей простоте, наглядности, возможности осмотра одновременно всей поверхности объекта, малой стоимости материалов и оснастки. Использование данного метода контроля позволяет повысить оперативность контроля качества сварочных работ, дефектоскопии, а также обеспечивает обнаружение мест наличия дефектов, когда иные методы (ультразвуковая дефектоскопия, метод магнитной памяти металла и пр.) не дают результатов в силу отсутствия условий для их использования.



ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

УДК 620.179.132

Вакатов А.В.	Эксперт по объектам котлонадзора и сосудов, работающих под давлением Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Куценко М.М.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Бикинеев Д.В.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ-ПОВОЛЖЬЕ»
Чуфаров М.В.	Инженер-дефектоскопист ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Зорин П.Н.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ».

26.10.2015

Тепловой неразрушающий контроль – исследование изделий посредством наблюдения (визуализации) неоднородностей в тепловых потоках, вызываемых внутренними дефектами [1], который является одним из наиболее перспективных методов выявления дефектов и определения их параметров. Данный вид контроля широко применяется для оценки качества контролируемых объектов и их соответствия требованиям нормативно-технической документации и является самым современным, высокоэффективным и перспективным направлением в диагностике состояний и свойств разнообразных объектов. Методы теплового контроля позволяют осуществлять своевременное, высокоточное, оперативное, информативное и непрерывное наблюдение за исправностью исследуемых объектов. Тепловой метод контроля основан на таких физических явлениях, как тепловые поля, инфракрасные источники тепла, по которым можно диагностировать наличие внешних или внутренних дефектов.

Характер избыточного температурного поля может точно показать специфику нарушения состояния исследуемого объекта и позволит вовремя принять необходимые меры по предотвращению неисправностей. Тепловой контроль проводится в соответствии с РД-13-04-2006 [2].

Тепловой контроль принято подразделять на следующие группы неразрушающего контроля:

- тепловизионный контроль,
- контроль теплопроводности,
- контроль температуры,
- контроль плотности тепловых потоков.

Тепловизионный контроль широко используется в технической диагностике, энергоаудите, в различных областях строительства, энергетики, промышленности.

Тепловизионное обследование наружной поверхности стенки, крышки и днища изотермического хранилища аммиака является одним из основных методов неразрушающего контроля хранилища и регламентируется

требованиями РД 03-410-01 [3]. Проводится с целью выявления участков с нарушенными теплоизоляционными свойствами в изоляционных конструкциях, который может проводиться как в составе экспертного технического диагностирования, так и как отдельный метод технической диагностики.

На предприятии, специализирующемся по выпуску химической продукции, после ремонтно-восстановительных работ тепловой изоляции изотермического хранилища аммиака (фото 1), был проведен тепловизионный контроль, с целью проверки качества ремонта и соответствия состояния теплоизоляции требованиям нормативно-технической документации.



Фото 1. Общий вид изотермического хранилища аммиака.

Термографическое обследование наружной поверхности изотермического резервуара проводилось тепловизором (фото 2) для выявления участков с нарушенными теплоизоляционными свойствами в изоляционных конструкциях.



Фото 2. Тепловизор TESTO 881-2.

Основные характеристики тепловизора приведены в таблице.

Табл. 1. Основные характеристики тепловизора.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВИЗОРА TESTO 881-2	
ПАРАМЕТРЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ	
Поле зрения/минимальное фокусное расстояние	32° x 23° / 0.1 м (стандартный объектив)
Температурная чувствительность	< 50 мК при 30 °С
Частота кадров	9 Гц, 33 Гц - по запросу
Фокусировка	ручная + моторизированная
Тип детектора	Фокальная плоская матрица (FPA), 160 x 120 пикселей
Спектральный диапазон	От 8 до 14 мкм
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ	
Видео выход	USB 2.0



Внешний дисплей	3.5" ж/к дисплей, с разрешением 320 x 240 пикселей
ИЗМЕРЕНИЕ	
Интервал температур	-20 °С ... 100 °С / 0 °... +350 °С (переключаемый)
Погрешность	±2 °С, ±2% от изм. зн. (-20 °С ... +350 °С)
Измерение высоких температур (опция)	+350 °С ... +550 °С
Коэффициент излучения / настройка температурной компенсации отражения	0.01 ... 1 / ручная
СОХРАНЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ	
Формат файлов	.bmt; возможности экспорта в форматы .bmp, .jpg, .png, .csv, .xls
Устройство хранения данных	SD карта памяти, 2 Гб (приблиз. 1 000 снимков)
ФУНКЦИИ ТЕПЛОВИЗОРА	
Цифровая камера	+
Мощная LED-подсветка	+
Моторизированный фокус	+
Стандартный объектив (32° x 23°)	+
Запись голосовых комментариев	+
СИСТЕМА БАТАРЕЙНОГО ПИТАНИЯ	
Тип аккумулятора	быстрозаряжаемый, литиево-ионный аккумулятор, возможна замена по месту замера
Ресурс аккумулятора	приблиз. 4 часа
Работа от сети	да
ТРЕБОВАНИЯ К ОКРУЖАЮЩИМ УСЛОВИЯМ	
Диапазон рабочей температуры	-15 °С ... 40 °С
Диапазон температуры хранения	-30 °С ... 60 °С
Влажность воздуха	20% ... 80% без конденсации
Класс защиты корпуса	IP 54
Вибрация (IEC 68-2-6)	2G
ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Вес	приблиз. 900 г
Размеры (Д x Ш x В) в мм	152 x 108 x 262
Крепление к штативу-треноге	да, с адаптером
Материал корпуса	ABS
ИНТЕРФЕЙСЫ	
USB 2.0	Передача изображений на ПК

Работы проводились в вечернее время, при отсутствии атмосферных осадков и температуре окружающего воздуха +21,5⁰С. Обследование проводилось с восьми позиций (рис. 1)

(24 термограммы), на расстоянии 15÷20 метров от объекта контроля.

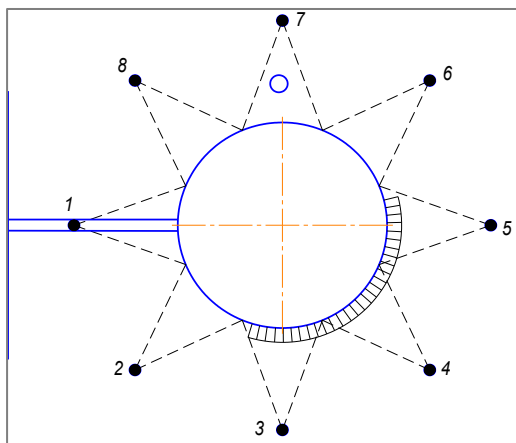


Рис. 1. Схема точек термографирования.

Вид теплового контроля – пассивный.

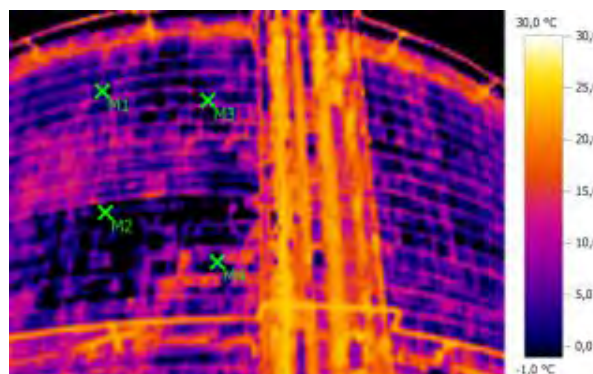
Результаты тепловизионного контроля приведены на рис. 2÷9.

Анализируя результаты проведения тепловизионной диагностики тепловой изоляции изотермического хранилища аммиака, были выявлены температурные аномальные зоны с предположительно некачественной

теплоизоляцией, где наблюдались локальные и общие температурные отклонения теплоизолирующих свойств покрытия резервуара с перепадом до отрицательных температур. Общая площадь некачественной теплоизоляции составила более 20% от всей поверхности, что превысило максимально допустимое значение, равное 3 м² [3].

В соответствии с результатами тепловизионного контроля качество ремонтно-восстановительных работ было признано неудовлетворительным.

Тепловизионный контроль позволил выявить участки теплоизоляции, которые необходимо было заменить перед пуском в работу изотермического хранилища аммиака, и был рекомендован для контроля теплоизоляции оборудования не только после ремонта, но и в процессе эксплуатации.



№:	Темп. [°C]	№:	Темп. [°C]
M1	-0,4	M3	0,2
M2	-0,7	M4	0,7

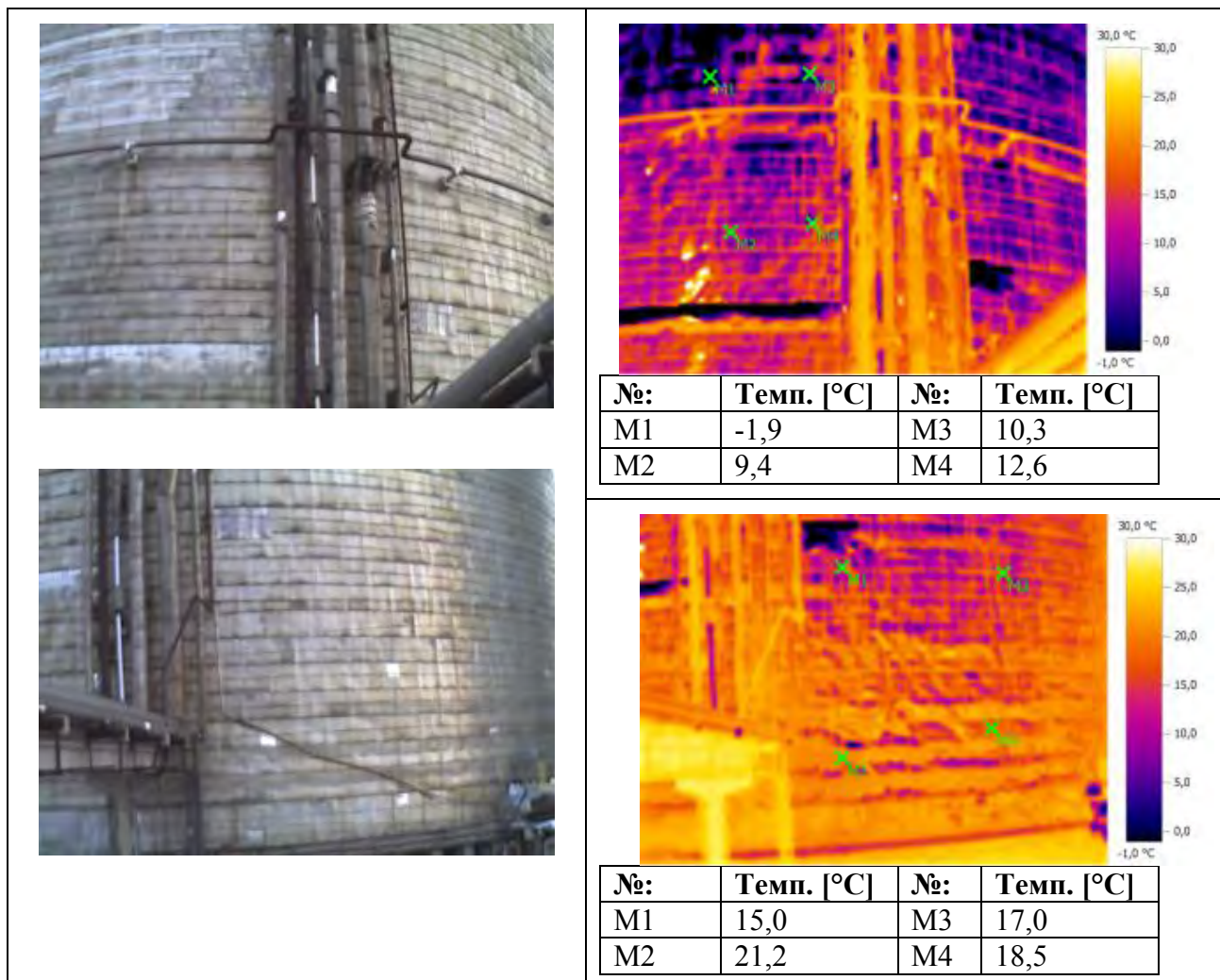
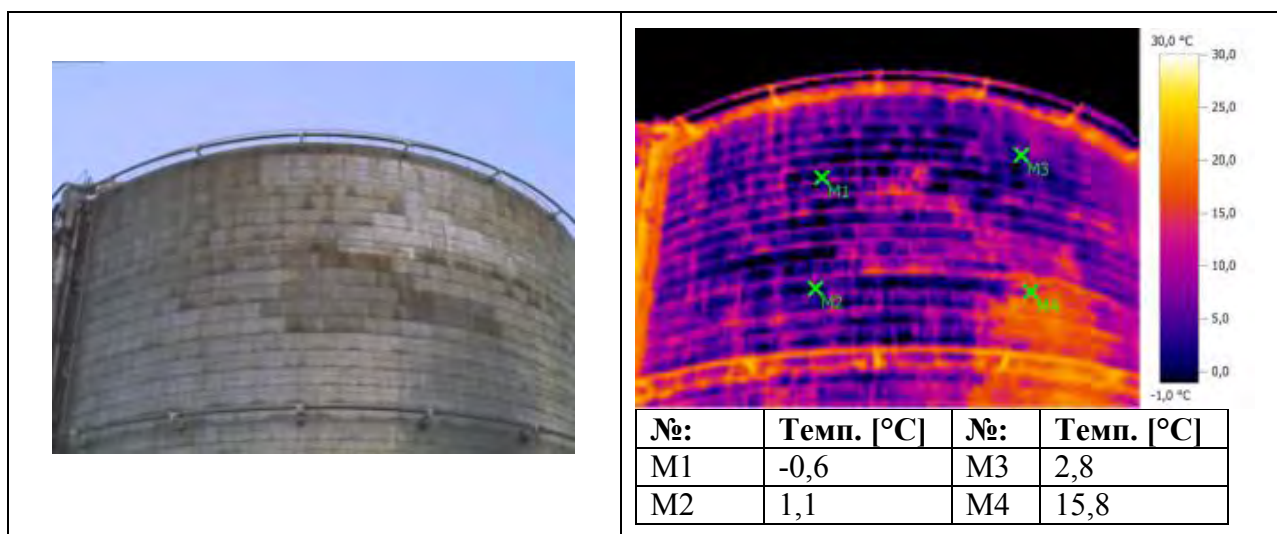


Рис. 2. Точка позиционирования №1.



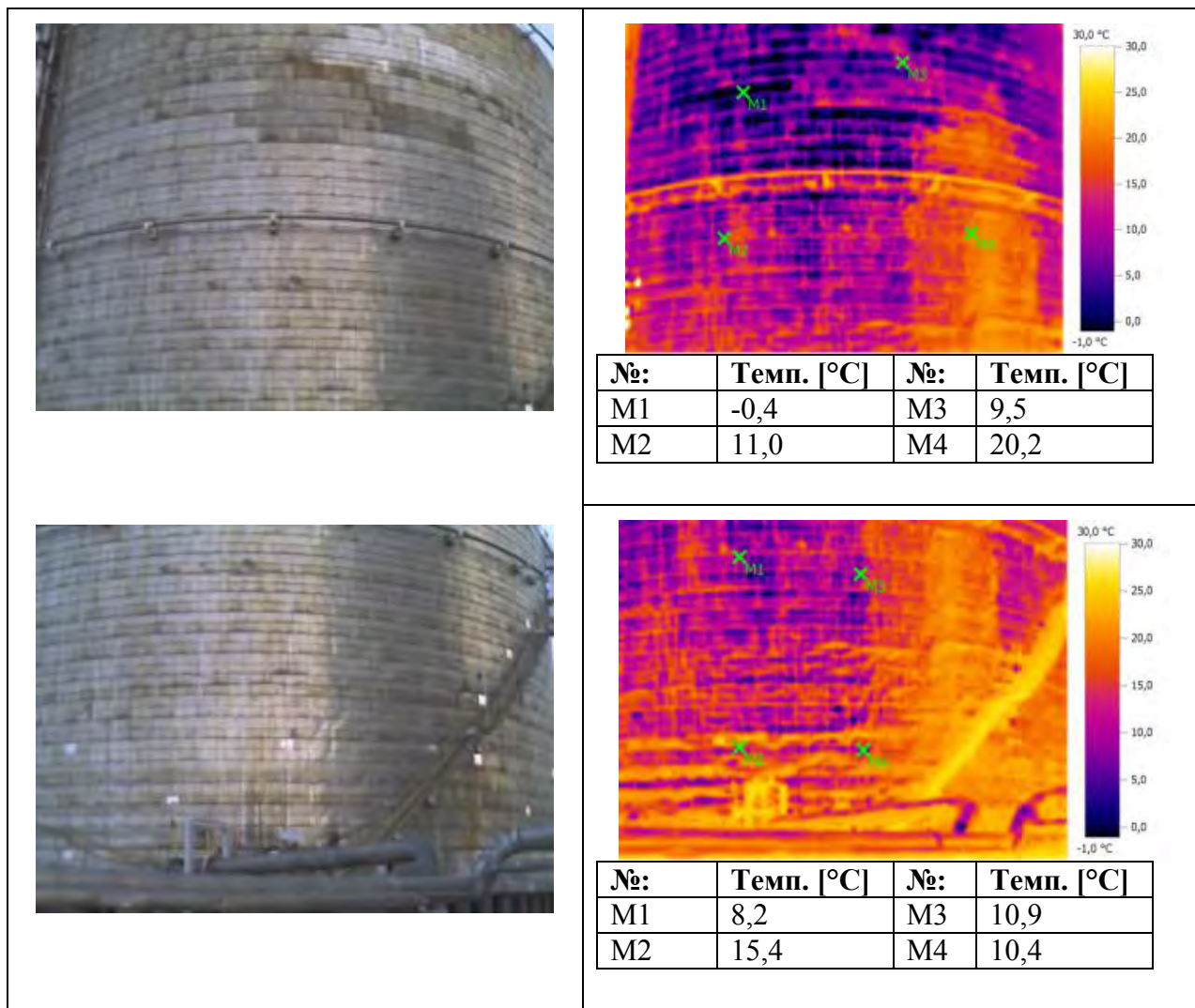
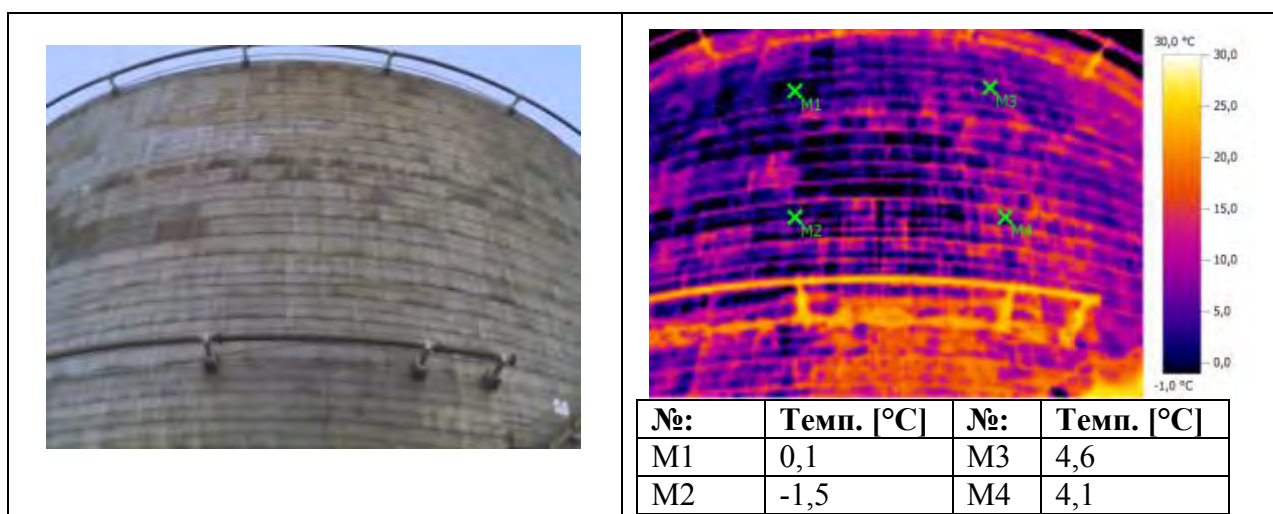


Рис. 3. Точка позиционирования №2.



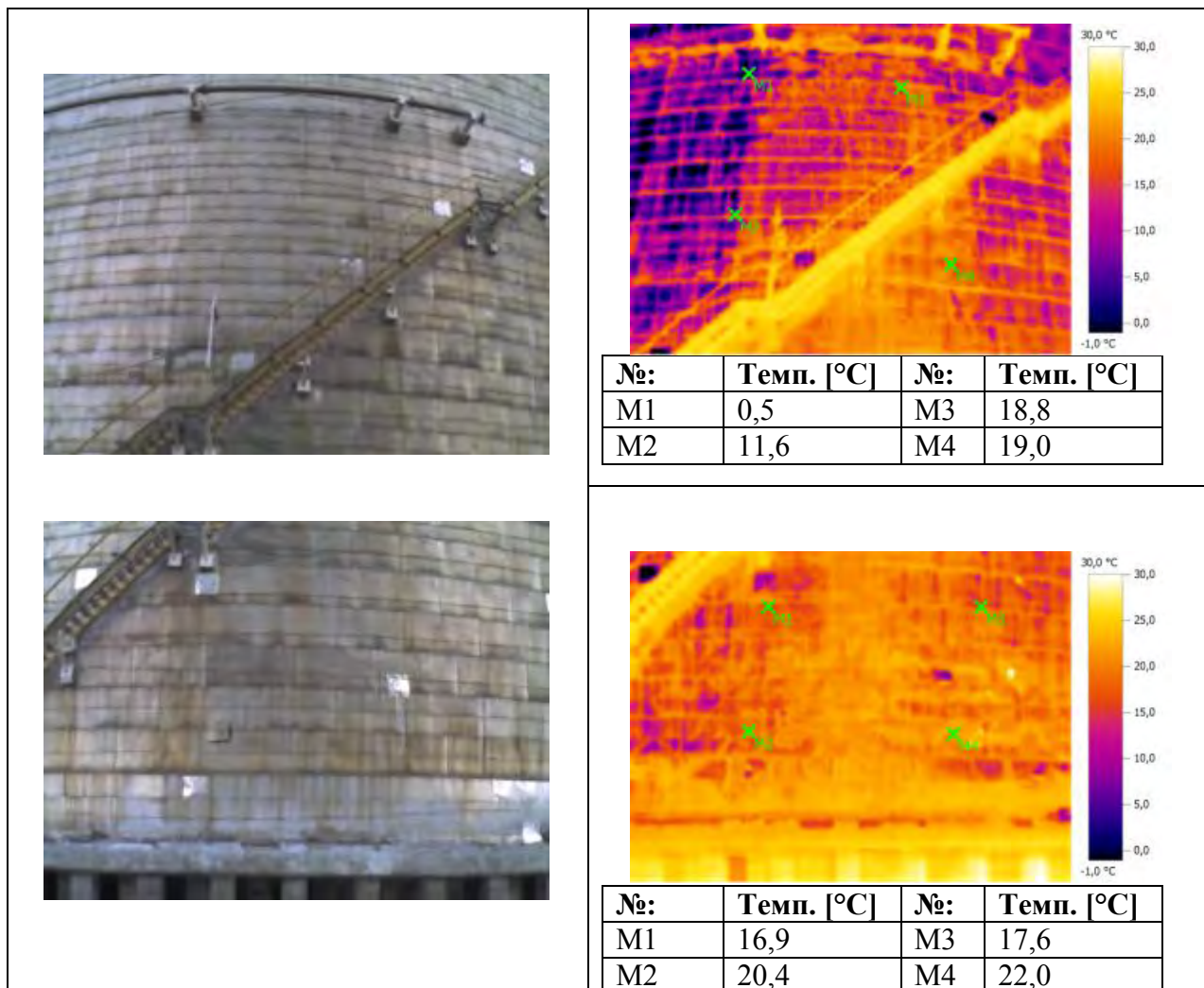
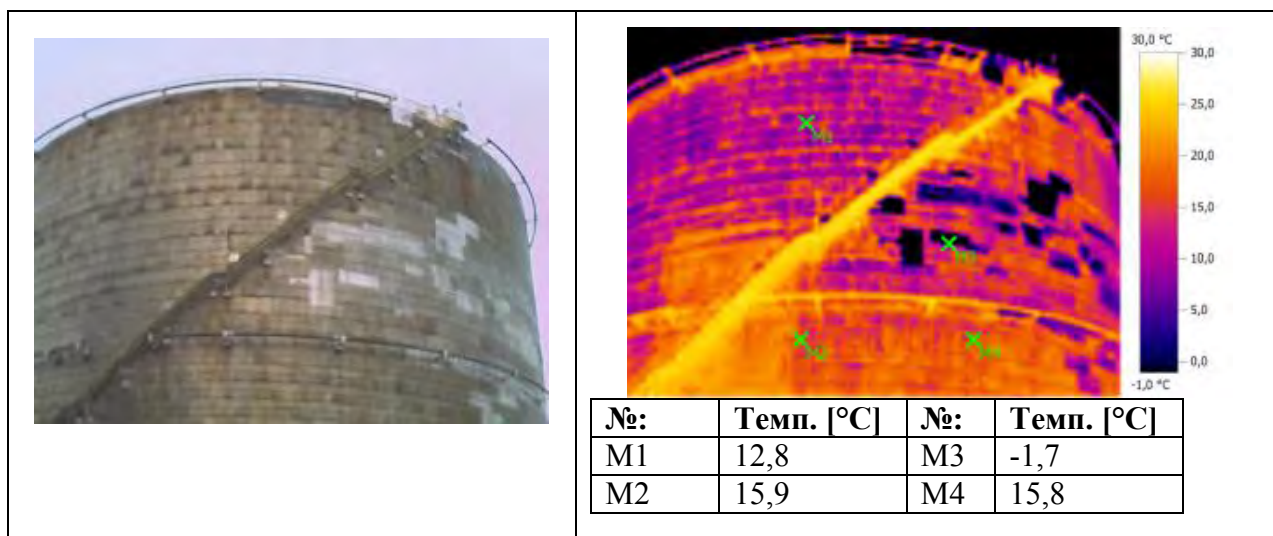


Рис. 4. Точка позиционирования №3.



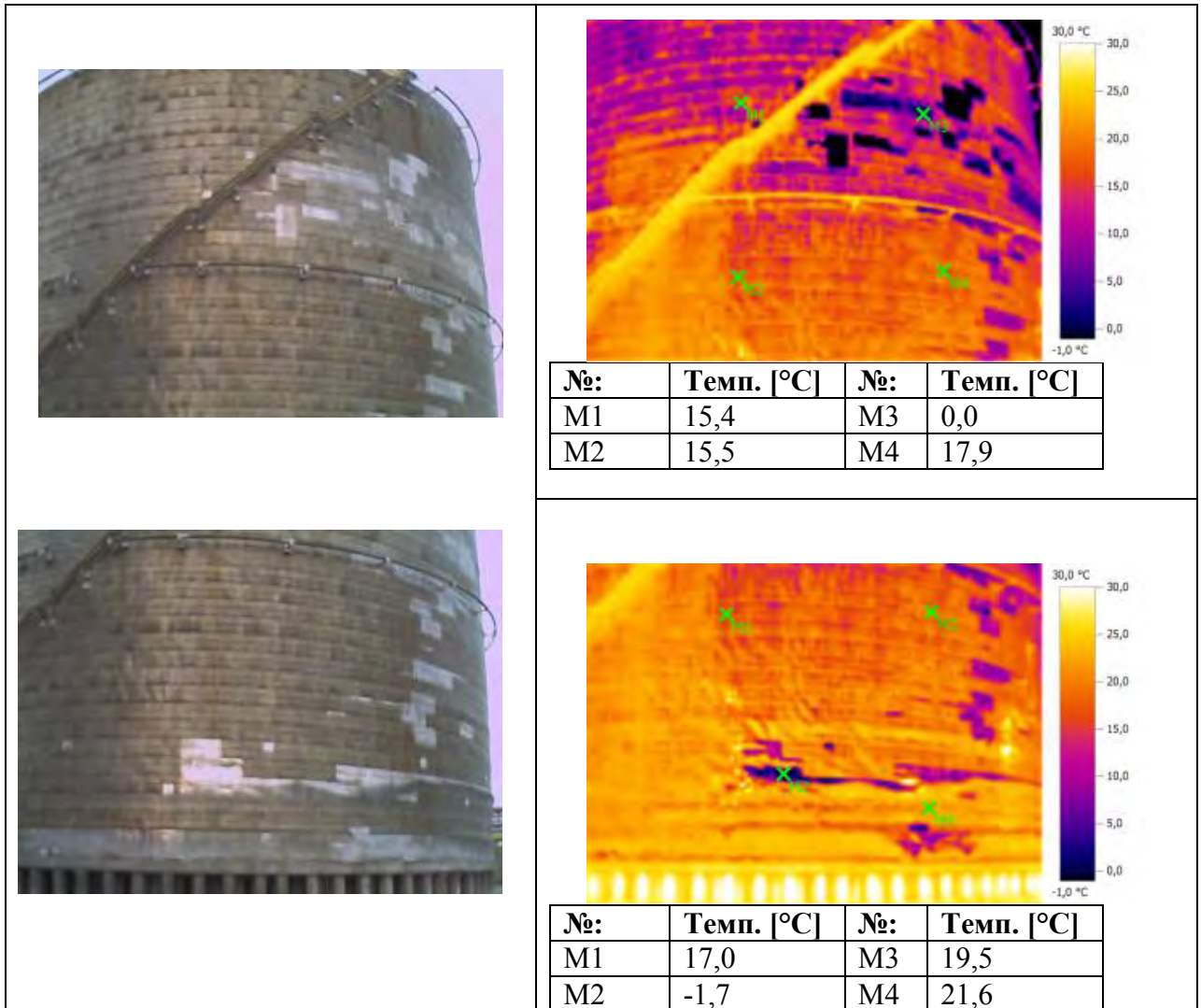
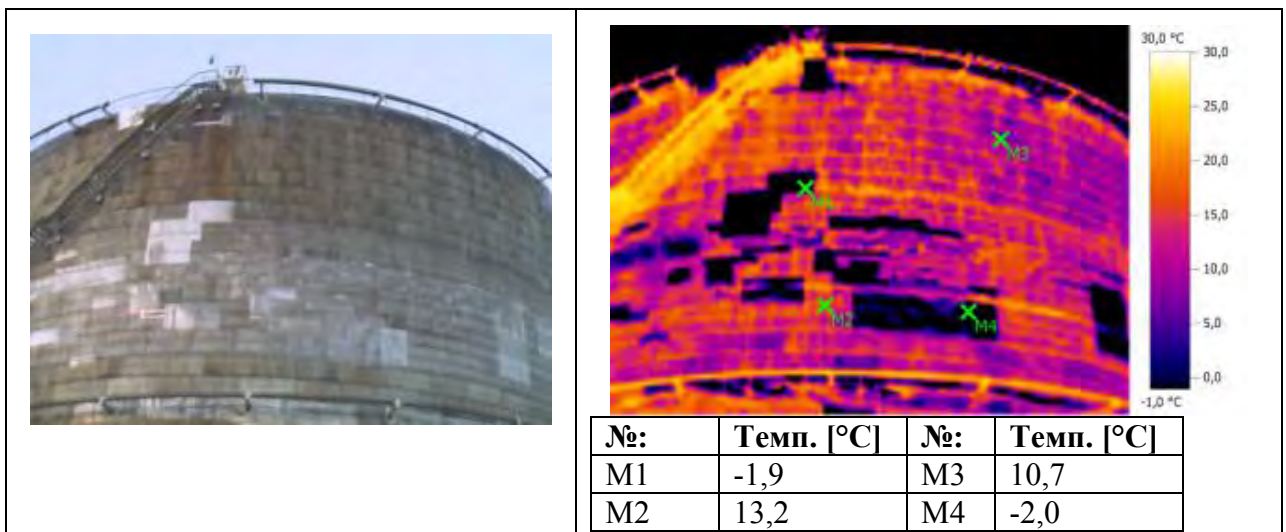


Рис. 5. Точка позиционирования №4.



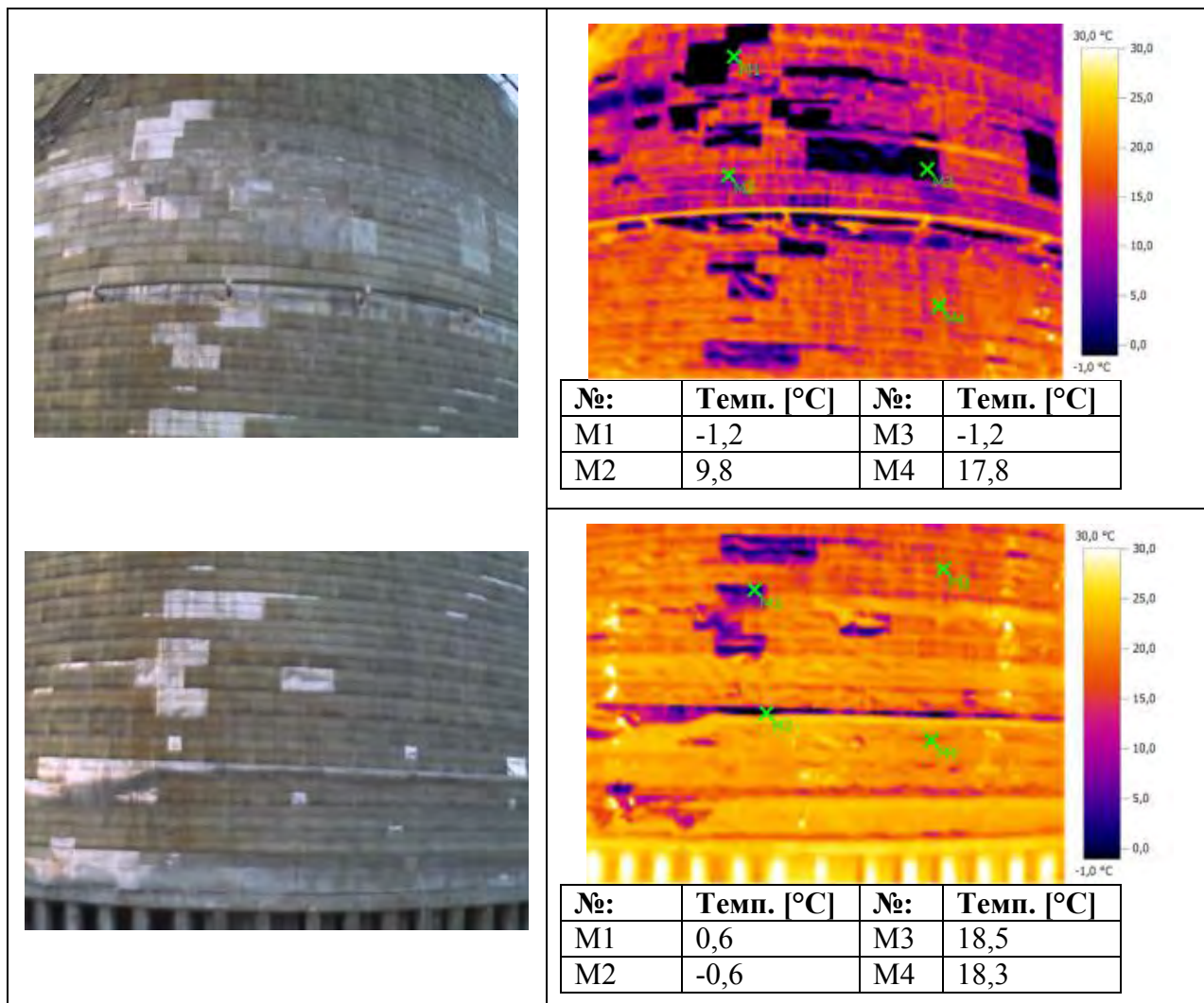
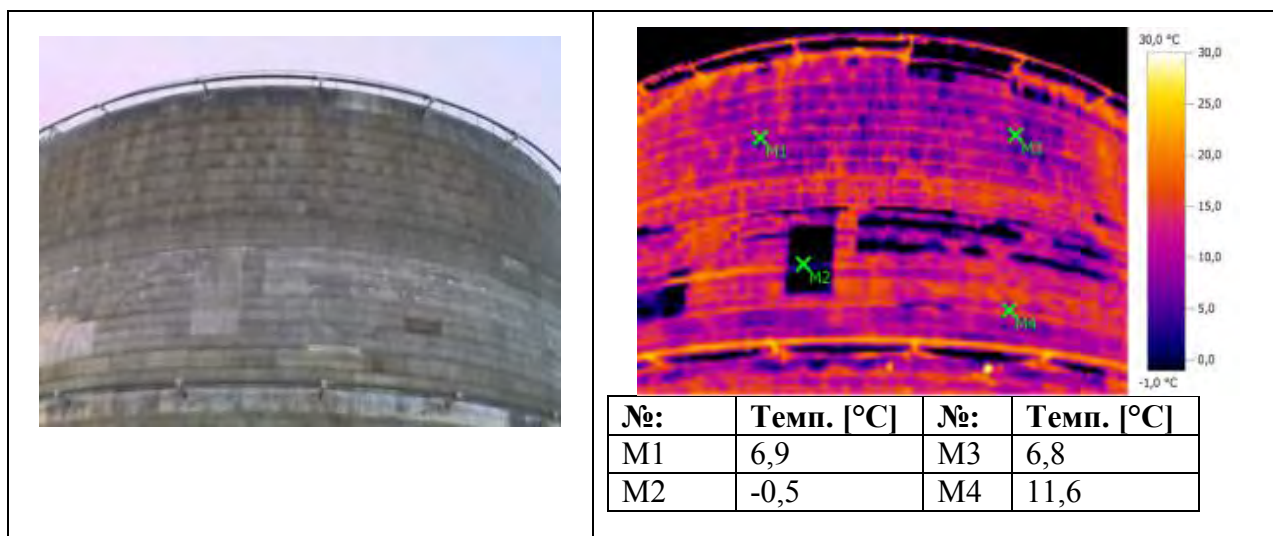


Рис. 6. Точка позиционирования №5.



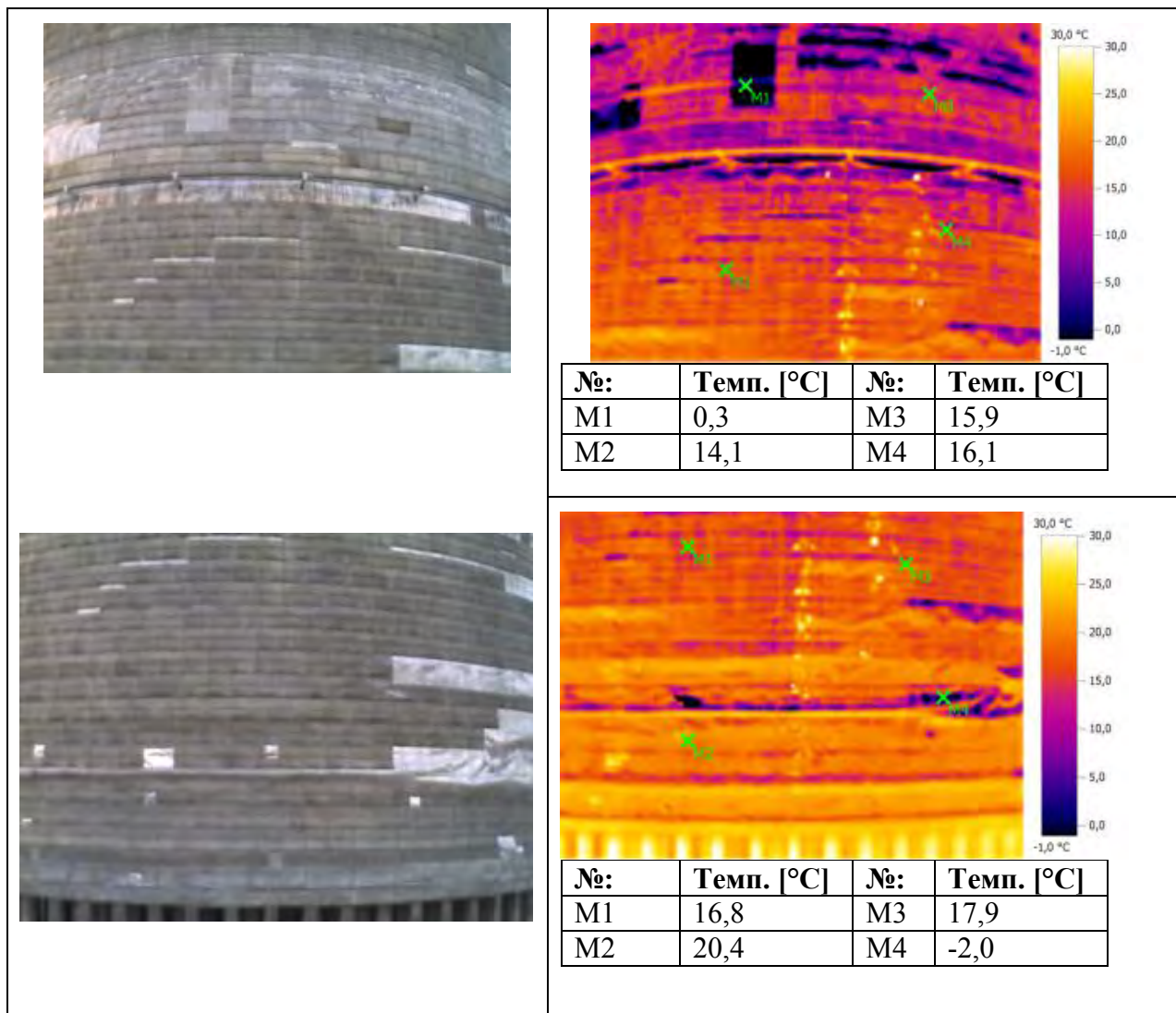
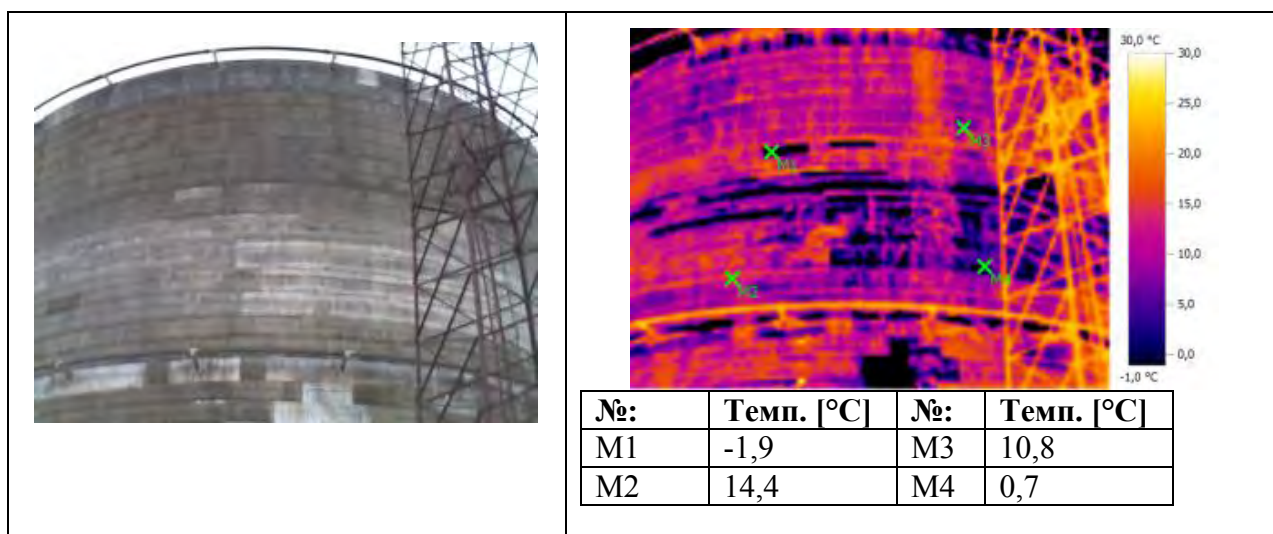


Рис. 7. Точка позиционирования №6.



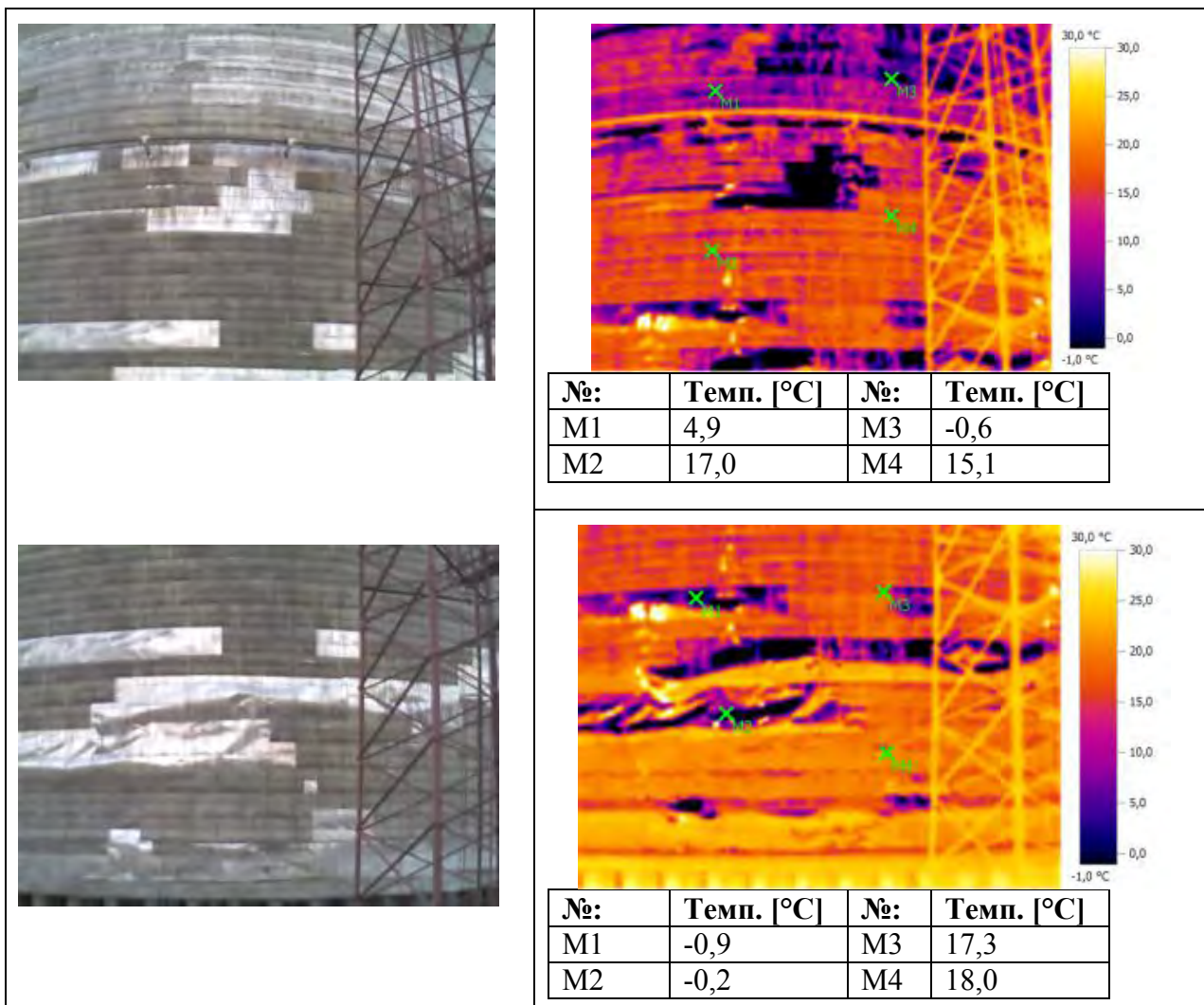
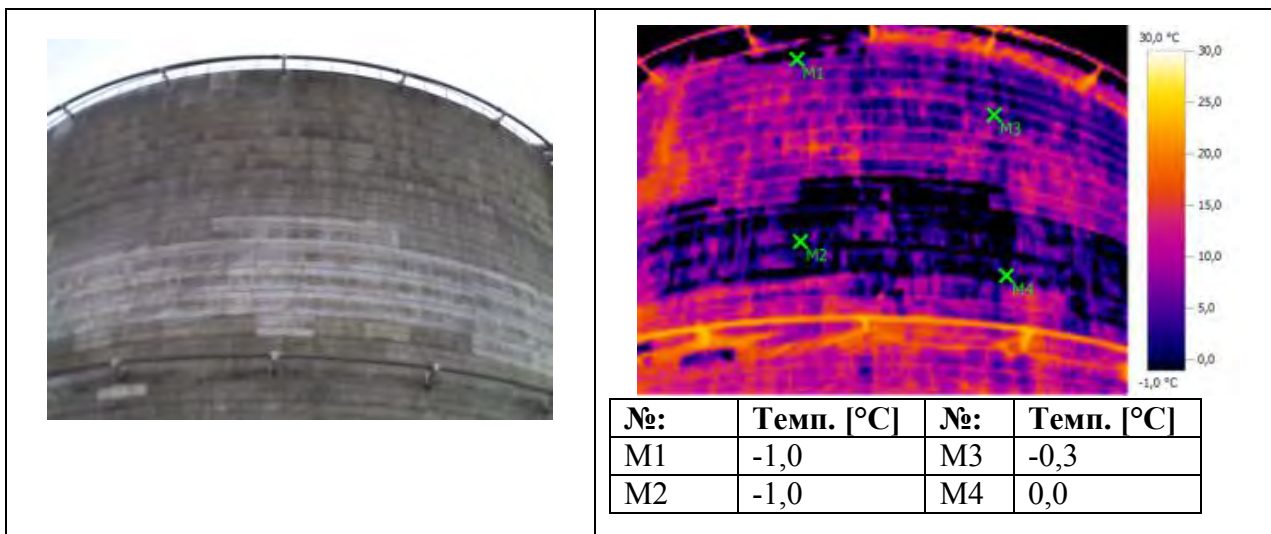


Рис. 8. Точка позиционирования №7.



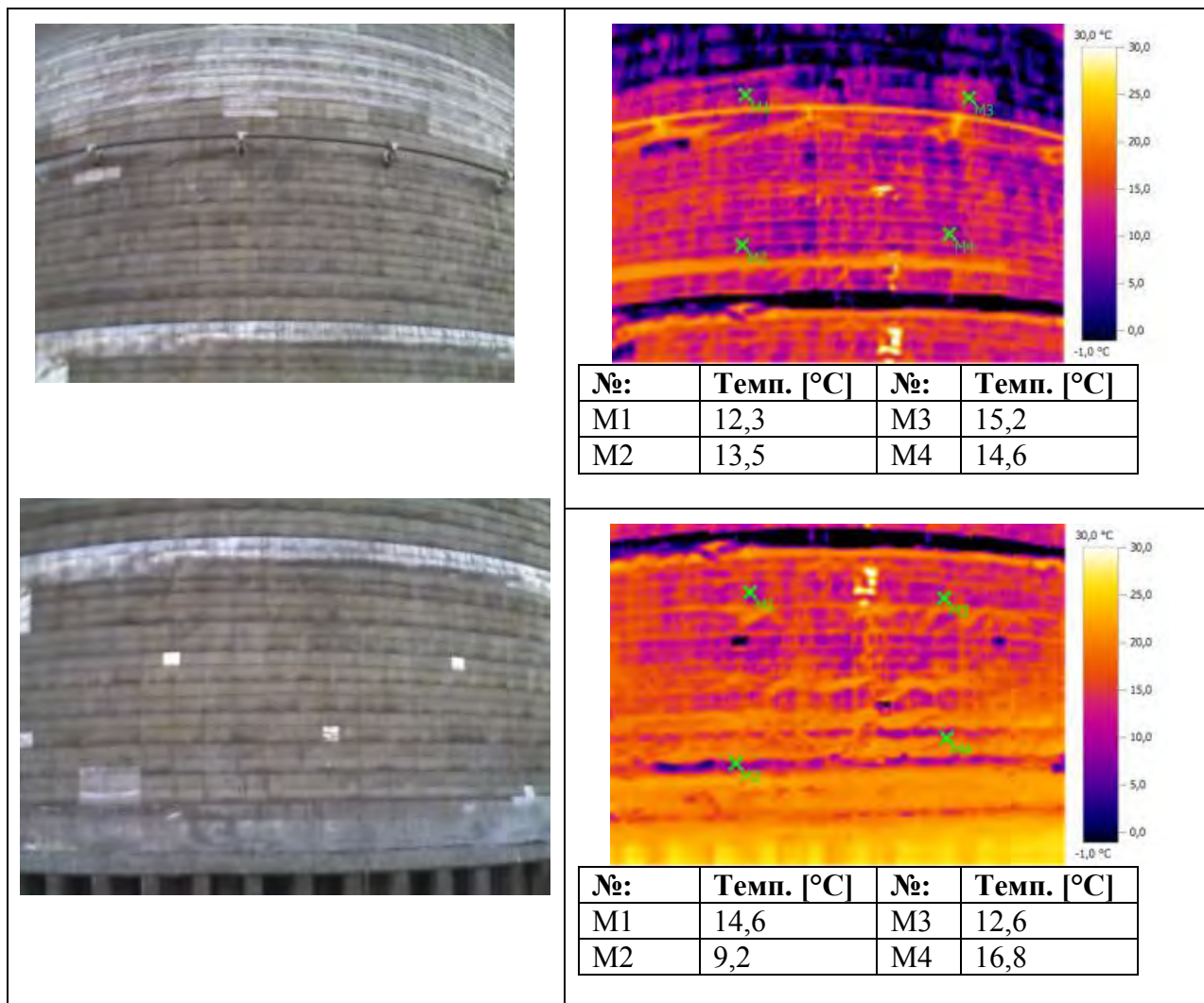


Рис. 9. Точка позиционирования №8.

Литература

1. Д.А. Нестерук, В.П. Вавилов. Тепловой контроль и диагностика. Учебное пособие для подготовки специалистов I, II, III уровня. – Томск:, 2007 – 104с.
2. РД-13-04-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых на опасных производственных объектах».
3. РД 03-410-01 «Инструкция по проведению комплексного технического освидетельствования изотермических резервуаров сжиженных газов».



ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДНИЩ РЕЗЕРВУАРОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СВАРНЫХ. АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ.

УДК 624.014; 624.953

Ширяев А.М.	К.т.н., эксперт в области промышленной безопасности
Егоров П.А.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Малеев О.А.	Зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Морозов Б.П.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Марков М.А.	Зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности
Максимов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности

27.10.2015

Наиболее сложной частью задачи диагностирования резервуаров вертикальных сварных (РВС) является диагностика их днищ, для проведения которой, в последнее время, как в России, так и за рубежом все чаще применяется метод акустической эмиссии (АЭ). Этот метод основан на регистрации звуковых и ультразвуковых сигналов, излучаемых объектом контроля при пластической деформации, развитии дефектов, трещин, протекании жидкостей или газов через отверстия, в том числе, сквозные дефекты. В настоящей работе приведены результаты АЭ диагностики днищ РВС для хранения нефти и нефтепродуктов.

Основы проведения АЭ контроля сосудов и трубопроводов, работающих под давлением, приведены в Правилах [1], в которых содержатся сведения о схемах его использования, правилах организации и проведения и др. Указанный документ распространяется на РВС, однако носит общий характер.

Более содержательным в плане АЭ диагностики РВС является Стандарт [2], не вошедший в Перечень нормативно-технических документов по экспертизе промышленной безопасности Ростехнадзора 2015г. В соответствии с ним АЭ контроль днищ РВС производится как для оценки общего коррозионного состояния, так и для определения наличия и местоположения (локации) утечек в режиме эксплуатации под наливом хранимого (рабочего) продукта в обычном технологическом процессе, или во время гидравлических испытаний перед вводом резервуара в эксплуатацию после монтажа или ремонта. При этом АЭ контроль не дает информацию об остаточной толщине листов днища, однако позволяет оценить его техническое состояние на соответствие требованиям промышленной безопасности. По результатам контроля, в частности, определяют необходимость и сроки

проведения полного обследования РВС или ремонта с указанием проблемных зон.

Необходимо отметить, что информация по состоянию днищ, получаемая по [2], носит полукачественный эмпирический характер, слабо связанна с индивидуальными особенностями объекта и условиями проведения контроля, влияющими на его результаты (уровень налива, характеристики рабочего продукта, размеры дефекта, метеоусловия, размеры и материальное исполнение объекта, уровень фоновых шумов, показатели сбалансирования и настройки аппаратуры и др.), не дает анализа и оценки показателей достоверности и выявляемости дефектов при выполнении контроля. В связи с этим, цель настоящей работы состояла в проведении исследований параметров АЭ от течи для получения расчетно-экспериментальной оценки и проведения анализа показателей достоверности и выявляемости дефектов при диагностировании днищ РВС.

Первая часть работы посвящена собственно методу АЭ контроля в его традиционной ультразвуковой дискретной импульсной постановке, использующей многоканальную локацию источников по разностям времен прихода (РВП) сигналов к преобразователям акустической эмиссии (ПАЭ). Во второй части приведены некоторые результаты диагностирования днищ РВС с помощью виброакустического (ВА) контроля. Этот метод, использующий сигналы как дискретной, так и непрерывной АЭ, в основном, звукового диапазона, применяется для диагностирования динамического оборудования и вибрации машин и механизмов, а также в задачах акустического контактного корреляционного течеискания трубопроводов.

Для исследований применялись современные цифровые многоканальные

АЭ системы разных производителей, использовался опыт проведения АЭ контроля сосудов и трубопроводов, работающих под давлением, включая резервуары для хранения жидких и газообразных продуктов. Некоторые результаты этих исследований приведены ниже.

Согласно современным представлениям, источник АЭ с признаками течи имеет ярко выраженные резонансные свойства: максимумы спектра излучения соответствуют собственным частотам резонатора-течи. При этом излучение от течи носит характер всплесков АЭ активности различной длительности длительностью от 0,01 до сотен секунд, со временем нарастания переднего фронта 0,01-0,1мс. Наиболее простым методом локации таких сигналов является точечная локация по РВП сигналов к разным ПАЭ. При этом РВП определяется по времени регистрации переднего фронта сигнала. Однако сильная дисперсия приводит к «размытости» переднего фронта и большой погрешности локации. Поэтому на практике более точен метод локации основанный на вычислении РВП по амплитуде сигнала, или по функции корреляции. Последний метод вообще не требует наличия переднего фронта.

Для моделирования акустического излучения от течи использовался имитатор течи – небольшой 2-х литровый стальной баллон с сифоном для разделения жидкой и газовой фазы рабочего продукта (или воздуха), позволяющий создавать в объекте контроля контролируемую «течь» требуемой интенсивности (расхода). Для этого на контролируемой поверхности объекта контроля закрепляется штуцер калиброванного диаметра d . Крепление штуцера к контролируемой поверхности осуществляется через контактную смазку («Литол-24») с помощью отверстия с резьбой в ненагруженном внутреннем

давлением корпусном элементе объекта контроля. В качестве такого можно использовать выступающую часть окрайки днища РВС, лапы опор и элементы крепления контура заземления и т.п. Калибр внутреннего диаметра штуцера вместе с давлением рабочего продукта в баллоне P , нагнетаемым по

резиновому шлангу определяет интенсивность течи, т.е. расход или объем жидкости (или газа), вытекающей за единицу времени:

$$V=(2P/\rho)^{1/2}S, \quad (1)$$

где P – избыточное давление, ρ – плотность рабочей среды, S – площадь сечения отверстия.

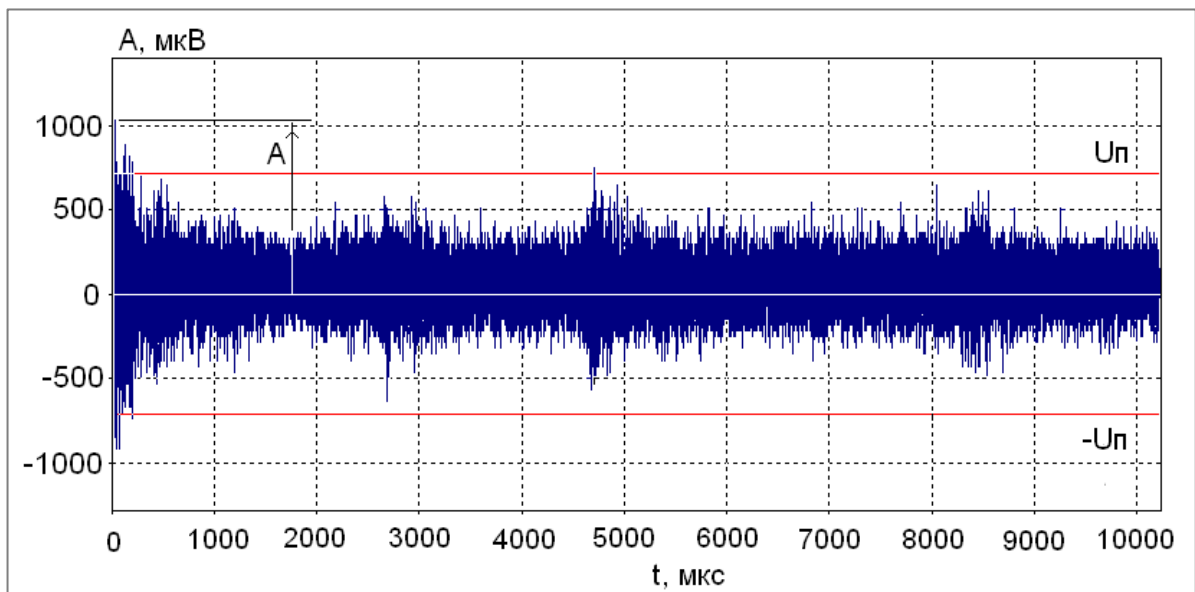


Рис.1. Форма сигнала акустической эмиссии от течи воды через штуцер с $d=2$ мм при перепаде давления $P=0,2$ МПа.

На рисунке1 приведена форма АЭ сигнала от течи воды через штуцер с $d=2$ мм при перепаде давления $P=0,2$ МПа, установленный на выступающей части окрайки днища РВС-20000. Указанный сигнал получен широкополосным ПАЭ с коэффициентом преобразования ~ 200 дБ относительно $1В/м$ с рабочей полосой от 30 до 150 кГц, установленным на расстоянии ~ 20 см от источника течи. Как видно, АЭ от течи носит квазинепрерывный случайный характер. Максимальное значение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) лежит в области частот ниже 60 кГц. Изменяя порог амплитудной дискриминации, можно преобразовать квазинепрерывную АЭ в дискретную, параметры которой будут определяться величиной порога и временными параметрами настройки

аппаратуры: интервалом регистрации длительности импульса t_i и, так называемым, «мертвым» временем t_d .

Необходимо отметить, что в технологии АЭ контроля амплитуда импульсов (или пиковая амплитуда) измеряется в единицах электрического напряжения (a , мкВ), которое формирует ПАЭ, и в децибелах (A , дБ). Для сравнения амплитуд сигналов, полученных на разных приборах ее приводят к выходу ПАЭ (ко входу предусилителя). Между a и A существует взаимная однозначная связь:

$$A=20 \log(a), \quad (2)$$

где a выражена в микровольтах.

На рисунке 2 приведены зависимости пиковой амплитуды A (точки 1) и суммы импульсов АЭ N_{Σ}

(кривая 2) от времени t при амплитудной дискриминации с порогом $Un=60$ дБ, $t_i = 10000$ мкс, $t_d=1000$ мкс. Указанные зависимости получены при тех же условиях, что и сигнал на рис.1. При указанных параметрах АЭ становится дискретной с амплитудой импульсов, являющейся случайной величиной. Для математического описания амплитуды используется амплитудный спектр и функцию распределения F , которая характеризует вероятность того, что амплитуда импульса не превысит заданное значение. Как видно,

активность АЭ N_{Σ}' (число импульсов в секунду) на всем протяжении излучения приблизительно постоянна. Ее уровень зависит от амплитуды сигналов и интенсивности течи, порога амплитудной дискриминации и временных параметров настройки аппаратуры. Минимальное значение активности

$$N_{\Sigma}' = 1 / (t_{i\{max\}} + t_d) \quad (3)$$

наблюдается для непрерывной эмиссии с максимальной длительностью импульсов $t_{i\{max\}}$ и мертвым временем t_d , что может использоваться как диагностический признак течи.

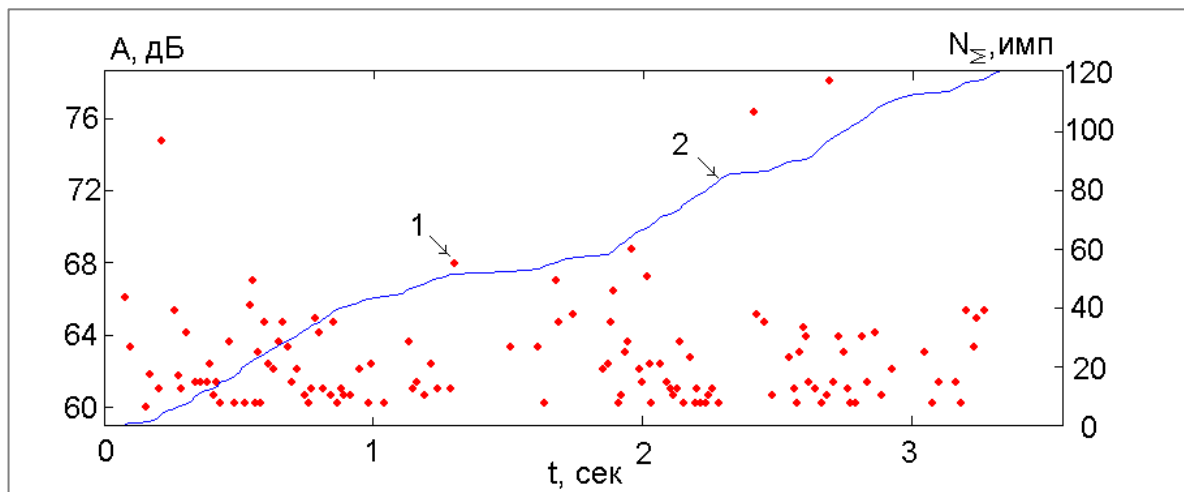


Рис.2. Зависимости пиковой амплитуды A (точки 1) и суммы импульсов АЭ N_{Σ} (кривая 2) от времени t при амплитудной дискриминации с порогом $Un=60$ дБ, $t_i=10000$ мкс, $t_d=1000$ мкс, полученные при тех же условиях, что и сигнал на рис.1.

В ходе исследований было установлено, что при одинаковых условиях амплитудный спектр сигналов, функция распределения F и активность N_{Σ}' хорошо воспроизводятся и могут использоваться как характеристики источника излучения для оценки параметров показателей достоверности и выявляемости контроля. Для этого по функции распределения F вычисляют вероятность регистрации одного акта АЭ (импульса) q , равную вероятности превышения порога дискриминации в однократном опыте:

$$q = 1 - F(Un). \quad (4)$$

Для вычисления значений вероятности по функции распределения F удобно использовать, так называемые, А-кривые, характеризующие функцию распределения амплитуды $y(x)$ в координатах Вейбулла $x=\ln(a)$ и $y=\ln[\ln(1-F)^{-1}]$, поскольку в этих координатах функция распределения Вейбулла:

$$F(a) = 1 - \exp[-(a/a_0)^m]. \quad (5)$$

имеет линейный вид:

$$y = b_0 \cdot x + b_1, \quad (6)$$

где

$$b_0=m, \quad b_1=-m \ln(a_0). \quad (7)$$

Используя (2), для А-кривой
можно получить следующий вид:
 $y = MA + A_0$, (8)

где
 $M = m \ln(10)/20$, $A_0 = -m \ln(a_0)$. (9)

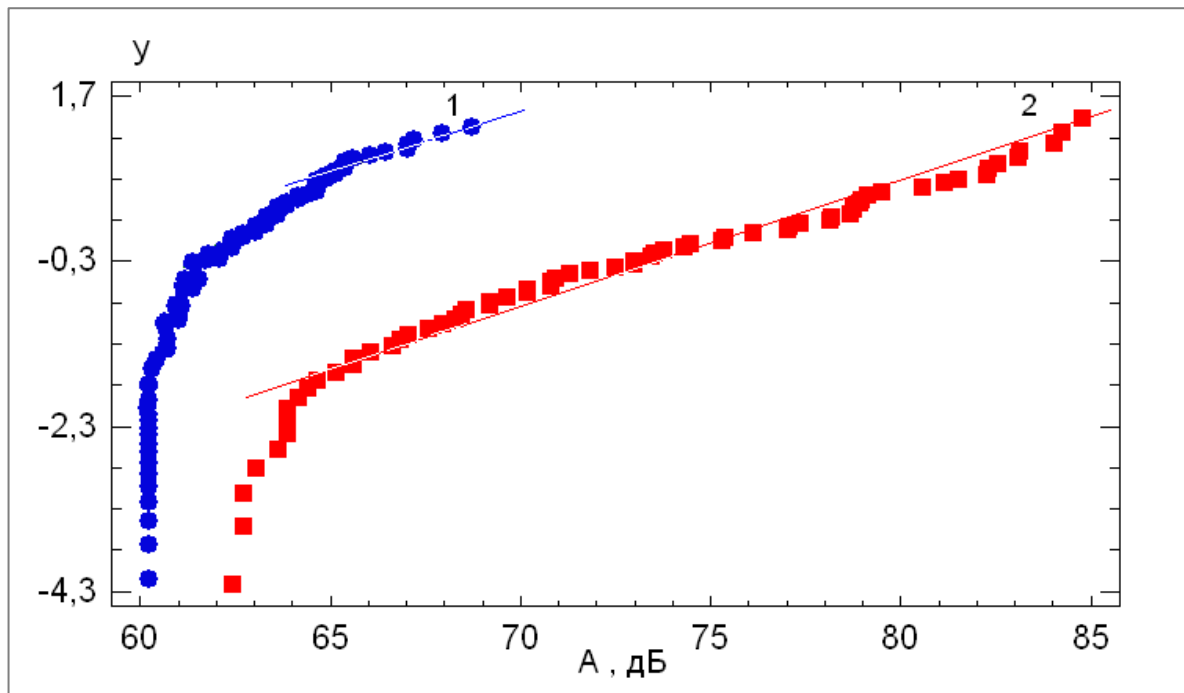


Рис.3. А-кривые $y(A)$, полученные при тех же условиях, что и данные на рис.1 и 2, для штуцеров $d=1$ и 2 мм (кривые 1 и 2 соответственно) при $P=0,2$ МПа.

На рисунке 3 приведены А-кривые $y(A)$, полученные при тех же условиях, что и данные на рис.1 и 2, для штуцеров $d=1$ и 2 мм (кривые 1 и 2 соответственно) при $P=0,2$ МПа. Как видно из рисунка, высокоамплитудные участки приведенных А-кривых ($A \geq A_c$) хорошо аппроксимируются линейной функцией (8).

Необходимо отметить, что вейбулловский характер амплитудного спектра (высокоамплитудной составляющей), согласуется с условием получения пиковой амплитуды в заданном интервале регистрации длительности импульса и может использоваться для прогнозирования

изменения этого параметра при изменении величины интервала регистрации (масштабный эффект).

В таблице 1 приведены точечные и интервальные оценки параметров A_0 и M высокоамплитудных участков А-кривых, представленных на рис.3, а также соответствующие коэффициенты корреляции R_{kor} , характеризующие качество их линейной аппроксимации, и значения параметров A_c участков А-кривых. Указанные параметры, полученные методами математической статистики при доверительной вероятности 95%, используются в дальнейшем для оценки параметров показателей достоверности и выявляемости контроля.

Табл. 1. Параметры высокоамплитудных участков А-кривых.

Номер А-кривой	Диаметр штуцера, мм	$A_o, \text{дБ}$	M	$R_{kor}, \%$	$A_c, \text{дБ}$
1	1	-8,865±0,149	0,149±0,009	98,1	65
2	2	-10,188±0,160	0,135±0,002	99,3	65

Согласно (3),
 $q = 1/\exp[\exp(A_o + MUn)]$ (10)
 при $Un \geq A_c$.

Поскольку при удалении от источника амплитуда импульсов убывает, наибольший интерес для практики диагностирования крупномасштабных объектов представляют высокоамплитудные участки А-кривых.

При удалении от источника из-за затухания звука его амплитуда уменьшается на величину Δ_1 . При оценке параметров достоверности и выявляемости контроля это равнозначно увеличению порога амплитудной дискриминации канала ПАЭ рядом с имитатором до значения $U_{\text{эф}} > Un$ при тестовом воздействии имитатора течи. Кроме этого в «эффективном пороге» $U_{\text{эф}}$ необходимо учесть величину фактического перепада рабочего давления P относительно используемого при калибровке P_k и разброс параметров чувствительности различных каналов и ПАЭ.

Согласно [3], в кавитационном режиме протекания уровень акустического излучения пропорционален перепаду давления. Экспериментальные исследования показывают, что с хорошей точностью это можно отнести к зависимости амплитуды акустических сигналов от перепада давления. Тогда поправка порога амплитудной дискриминации, учитывающая фактический перепад рабочего давления, составит

$$\Delta_2 = 20 \log(P_k/P) \quad (11)$$

Так, если при калибровке $P_k = 0,2 \text{ МПа}$, а фактический перепад гидростатического рабочего давления составляет $P = 0,1 \text{ МПа}$, для компенсации этого различия необходимо увеличение эффективного порога амплитудной дискриминации на величину $\Delta_2 = 6 \text{ дБ}$.

Для учета допустимого разброса параметров чувствительности различных каналов и ПАЭ, в соответствии с Правилами [1] и Стандартом [2], необходимо увеличение эффективного порога на 3 дБ. Таким образом, при оценке показателей достоверности и выявляемости АЭ контроля в выражении (10) вместо Un необходимо использовать эффективный порог:

$$U_{\text{эф}} = Un + \Delta_1 + \Delta_2 + 3 \quad (12)$$

Повторяя рассуждения работы [4] по количественной оценке надежности АЭ контроля трещин, можно рассчитать параметры показателей достоверности и выявляемости дефектов герметичности в днище РВС при заданных условиях проведения контроля. Сформулируем эти условия для реального примера из практики АЭ диагностики РВС.

Пусть для контроля днища РВС-20000 диаметром $D = 45,6 \text{ м}$ при гидравлических испытаниях при уровне налива H используется планарный локационный алгоритм, позволяющий по результатам измерения РВП сигналов АЭ по трем разнесенным датчикам антенны вычислять местоположение источника на плоскости днища. Известно затухание Δ_1 акустических колебаний в полосе частот

регистрации и также порог амплитудной дискриминации $U_n=40\text{дБ}$ АЭ аппаратуры. Требуется оценить параметры показателей достоверности и выявляемости течи, находящейся на днище.

Задаваясь принципом максимальной безопасности, считаем, что течь находится на максимальном удалении $L=D/2$ от одного из трех ПАЭ локационной антенны, установленных на окрайке днища. Пусть, в соответствии с [2], критерием регистрации дефекта является регистрация в течение 60 мин кластера из некоторого числа локализованных событий, соответствующего источнику одной из пяти категорий. Оценим вероятность регистрации такого кластера.

Принимаем, что в условиях стационарного процесса акустического излучения от течи активность импульсов АЭ и параметры А-кривой остаются постоянными по времени и соответствуют полученным выше значениям для имитатора течи. Другой важнейшей составляющей, используемой при расчете показателей выявляемости и достоверности контроля является затухание акустических волн при распространении сигнала от источника до ПАЭ. Согласно полученным экспериментальным данным, удельное затухание при распространении звука по воде не превышает 1 дБ/м , что несколько выше значений, указанных в [2]. Тогда полное затухание до удаленного ПАЭ $\Delta_1 \leq 23\text{дБ}$, и $U_{\text{эф}}=72\text{дБ}$, согласно (12). Остальные параметры, необходимые для оценок, приведены выше.

Для регистрации однократного импульса АЭ от течи необходимо, чтобы его амплитуда на максимально допустимом удалении от источника L превысила порог амплитудной дискриминации U_n . Это равнозначно тому, что бы сигнал рядом с источником превысил эффективный порог $U_{\text{эф}}$.

Вероятность этого события q находим по (10) для параметров, указанных в таблице 1.

По активности АЭ N_{Σ}' рядом с источником можно определить число n актов АЭ (импульсов) в интервале наблюдения продолжительностью 60 мин. Так, согласно (10), в соответствии с принципом максимальной безопасности, считаем $n \geq 35000$. Вероятность регистрации $W(n,k)$ из n актов АЭ кластера из k локаций на максимально допустимом удалении источника от одного из ПАЭ локационной антенны, задается биномиальным распределением и можно рассчитать по «хвостам» этого распределения, например, с помощью пакета STATGRAPICS [5]. Результаты расчета приведены в таблице 2. Здесь же приведены значения размеров имитатора течи d , уровня налива воды при проведении контроля H , вероятности регистрации q однократного акта АЭ (импульса), на максимальном допустимом удалении источника от ПАЭ, расхода продукта V , согласно выражения (1), и расчетной категории классификации источника согласно Стандарта [2] для полученной вероятности.

Как видно из таблицы 2, метод АЭ в его традиционной ультразвуковой дискретной импульсной постановке обеспечивает достаточно высокие значения показателей достоверности и выявляемости сквозных дефектов в днищах РВС. Однако на пути повышения эффективности диагностирования днищ РВС, снижения трудозатрат и стоимости АЭ контроля представляется интересным опыт проведения ВА контроля, позволяющий использовать для диагностики объекта низкочастотные звуковые сигналы, увеличивая масштабы зоны контроля и снижая число каналов используемой аппаратуры. Этим вопросам посвящена следующая часть настоящей работы.

Табл. 2. К расчету надежности АЭ контроля.

Диаметр штуцера имитаторачечи, мм	Уровень налива, м	Вероятность регистрации одиночного акта (импульса) q	Расход V , м ³ /час	Категория источника АЭ	Вероятность, %
1	1	$<10^{-6}$	0,0126	ниже I	100
	10	0,00189	0,040	III	20,8
				IV	78,9
				V	0,3
2	1	0,0001122	0,051	I	99,3
				II	0,7
	1,5	0,003504	0,062	IV	0,1
				V	99,9
				V	100
10	0,5427	0,160	V	100	

Литература

1. ПБ 03-593-03. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов.- М.: Госгортехнадзор России, 2003.
2. СО 03-001-06. Экспертиза промышленной безопасности стальных вертикальных сварных резервуаров для нефти и нефтепродуктов. Стандарт организации. – М.: Корина-офсет, 2007.
3. Дробот Ю.Б., Грешников В.А., Бачегов В.Н., Акустическое контактное течеискание. – М.: Машиностроение, 1989.
4. Ширяев А.М. и др. Оценка надежности акустико-эмиссионного контроля с учетом физико-механических особенностей развития трещин. – Дефектоскопия, 2002, №7, с.3-9.
5. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере/ Под ред. В.Э. Фигурнова.- М.: ИНФА-М, Финансы и статистика, 1995.

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОСНОВНЫХ ВИДОВ ДЕФЕКТОВ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

УДК 67

Митяков А.Н.	Эксперт отдела ЭТУ ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал
Бич А.Н.	Эксперт отдела ЭТУ ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал
Лебедев А.Л.	Начальник отдела экспертизы ТУ ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал
Шевченко А.В.	Эксперт отдела ЗиС ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал
Горбунов Д.В.	Эксперт отдела экспертизы зданий и сооружений ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал

27.10.2015

Аннотация. Произведен анализ результатов технического диагностирования и определение возможных причин возникновения типичных видов дефектов.

Ключевые слова: деаэрирование воды, овальность барабанов.

Паровые котлы типа ДКВР предназначены для выработки насыщенного и перегретого пара с температурой от 196 до 250 градусов Цельсия. Котлы данного типа (рис. 1) представляют собой двухбарабанные вертикально – водотрубные агрегаты с естественной циркуляцией.

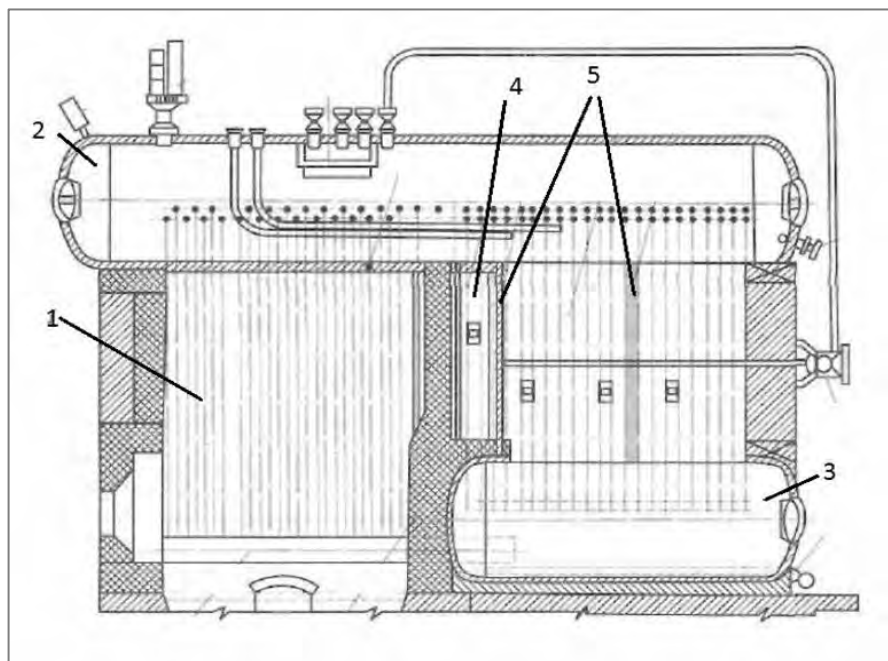


Рис. 1. Схема котла ДКВР-6,5-13.

1-топка; 2-верхний барабан; 3-нижний барабан; 4-камера дожигания; 5-перегородки.

Данные котлы работают на химически очищенной и деаэрированной воде. Коэффициент полезного действия агрегатов при сжигании газа и мазута составляет 90% [1].

Для безопасной эксплуатации котлов проектом их размещения предусмотрены системы трубопроводов:

- а) подвода питательной или сетевой воды;
- б) продувки котла и спуска воды при остановке котла;
- в) удаления воздуха из котла при заполнении его водой и растопке;
- г) продувки пароперегревателя и паропровода;
- д) отбора проб воды и пара;
- е) ввода в котловую воду корректирующих реагентов в период эксплуатации и моющих реагентов при химической очистке котла;
- ж) отвода воды или пара при растопке и остановке;
- з) разогрева барабанов при растопке;
- и) отвода рабочей среды от предохранительных клапанов при их срабатывании;
- к) подвода топлива к горелочным устройствам [2].

Техническое диагностирование котлов типа ДКВР проводится по программам, которые определяют методы и зоны контроля для соответствующих элементов котла. Программы технического диагностирования составляются после анализа технической документации, предварительного наружного и внутреннего осмотров и учитывают:

- конструктивные особенности котла;
- конкретные условия эксплуатации;
- наличие или отсутствие аварий за период эксплуатации;
- выполненные ранее работы по ремонту или реконструкции;
- выполненные ранее работы по

неразрушающему и разрушающему контролю металла элементов.

Целью анализа являлось выявление особенностей диагностирования типичных для котлов ДКВР дефектов и определения возможных причин их возникновения.

Распространенными дефектами данного типа котлов, исходя из производственного опыта, являются:

- превышение овальности барабанов котла более 1,5%;
- коррозионные повреждения внутренней поверхности барабанов котла;
- отложение накипи и шлама на внутренней поверхности котла (рис.2);
- коррозионные повреждения труб поверхностей нагрева;
- коррозионные повреждения наружных элементов котла.



Рис. 2. Отложения на внутренней поверхности после механической обработки.

Овальность барабанов определяется измерительным контролем по стандартным методикам. Появление данного несоответствия происходит по следующим причинам:

- а) вследствие упуска воды и длительного воздействия высоких температур;



б) в результате ремонтных работ по замене труб поверхностей нагрева при обварке колокольчиков труб с внутренней стороны с нарушением режимов сварки, что вызывает местный пережог и коробление металла барабанов;

в) после ремонта заваркой коррозионных язв внутренней поверхности барабана.

Коррозионные повреждения внутренней поверхности барабанов фиксируются при визуальном контроле. На практике большая часть коррозионных язв сосредоточена по нижней образующей барабанов. При измерительном контроле регистрируются параметры язв (диаметр, глубина, минимальное расстояние между центрами) и толщина стенки в районе повреждений.

Отложения накипи и шлама на внутренней поверхности наблюдается более чем у 80% обследованных котлов. Все котельные агрегаты должны быть оборудованы установками для докотловой обработки воды, однако, данные установки зачастую работают с нарушениями. Также одной из главных причин возникновения отложений является нарушение естественной циркуляции воды при работе на давлении пара менее 8 кг/см². От подобных отложений, толщиной до нескольких миллиметров, нарушается теплообмен между металлом трубы и рабочей средой, что ведет к перегреву, появлению *отдулин, деформации труб*. Последствия

можно заметить визуально при осмотре со стороны топки.

Коррозионные повреждения труб поверхностей нагрева определяются ультразвуковой толщиномером, при этом производится несколько замеров на каждом обследуемом участке и анализируется разброс толщин. Особенностью диагностирования является разность толщин свыше 0,5 мм

При проведении наружного осмотра необходимо обратить внимание на состояние обмуровки в местах установки запорной арматуры. При обнаружении подтеков, обмуровка удаляется для более тщательного осмотра.

Нарушение технологии при производстве ремонтных работ по устранению дефектов на внутренней поверхности барабанов и замены труб поверхностей нагрева ведет к пережогу металла, что изменяет его свойства и создает дополнительные напряжения. Деформирование барабанов котлов может привести к возникновению аварийных ситуаций.

Эксплуатирующим организациям следует уделить внимание обеспечению правильной работы установок докотловой обработки воды, так как отложения накипи является причиной возникновения целого ряда дефектов.

Своевременное обнаружение и устранение несоответствий повышает безопасность работы котлов и увеличивает срок эксплуатации оборудования.

Литература

1. Б.А. Соколов. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности: Учеб. Пособие – М: Издательский центр «Академия». – 2008 г. – 64 с.
2. «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».

АНАЛИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ ТИПА ДКВР

УДК 67

Митяков А.Н.	Эксперт отдела ЭТУ ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал
Бич А.Н.	Эксперт отдела ЭТУ ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал
Лебедев А.Л.	Начальник отдела экспертизы ТУ ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал
Шевченко А.В.	Эксперт отдела ЗиС ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал
Горбунов Д.В.	Эксперт отдела экспертизы зданий и сооружений ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал

27.10.2015

Аннотация. Произведен анализ диагностических данных котлов типа ДКВР.

Ключевые слова: паропроизводительность, техническое диагностирование.

Паровые котлы (рис. 1) предназначены для выработки пара, идущего на производственные нужды, в системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения предприятий различных областей промышленности.

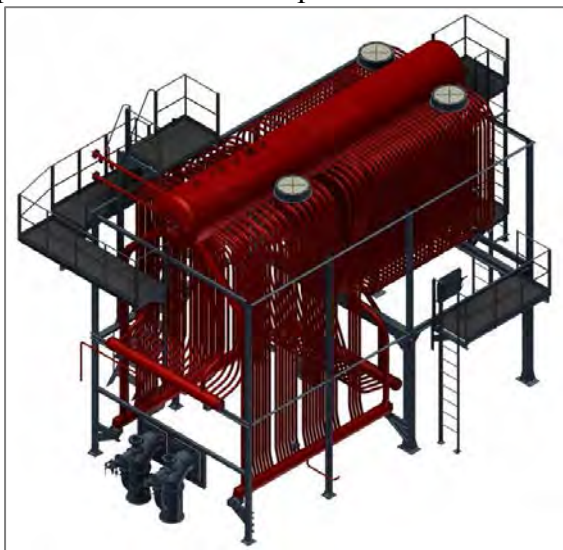


Рис. 1. Трубная система котла ДКВР.

Работа котлов характеризуется номинальной паропроизводительностью и параметрами вырабатываемого пара

(давлением и температурой перегрева). Котельные агрегаты различаются многообразием конструктивных форм, принципов действия и используемых видов топлива [1].

Данные технические устройства относятся к оборудованию опасных производственных объектов, работающему под избыточным давлением, к которому предъявляются определенные требования промышленной безопасности (далее – ПБ).

Организации, осуществляющие эксплуатацию котлов, должны обеспечить содержание технических устройств в исправном состоянии и безопасные условия эксплуатации. В этих целях необходимо:

а) обеспечить проведение работ по техническому освидетельствованию, диагностированию, техническому обслуживанию и планово-предупредительному ремонту оборудования в соответствии с требованиями федеральных норм и



правил и принятой в эксплуатирующей организации системой проведения работ;

б) соблюдать требования изготовителя, установленные руководством по эксплуатации, не допускать эксплуатацию неисправного и несоответствующего требованиям ПБ оборудования, у которого выявлены дефекты, влияющие на безопасность его работы, неисправны арматура, контрольно – измерительные приборы, предохранительные и блокировочные устройства, средства сигнализации и защиты, а также если период эксплуатации превысил заявленный изготовителем срок службы, указанный в паспорте, без проведения технического диагностирования;

в) при выявлении нарушений требований ПБ принимать меры по их

устранению и дальнейшему предупреждению;

г) обеспечить проведение экспертизы ПБ оборудования по окончании срока службы и в иных случаях, предусмотренных законодательством Российской Федерации в области ПБ [2].

Экспертиза ПБ паровых котлов проводится с целью установления соответствия данных технических устройств – требованиям ПБ, а также определения остаточного ресурса, возможности продления и установления срока и условий дальнейшей безопасной эксплуатации. Содержание работ при проведении экспертизы приведена в таблице 1.

Табл. 1. Содержание работ.

№ п/п	Вид работ	Наименование документа, которым заканчивается выполнение этапа работ
1.	Анализ технической документации на объект (проектной, исполнительной, эксплуатационной, заключений по ранее проведенным экспертным и диагностическим работам)	Программа проведения технического диагностирования
2.	Техническое диагностирование	
2.1.	Подготовительные работы	Акт осмотра
2.2.	Неразрушающий контроль	Заключения о результатах контроля
3.	Расчет котлов на прочность производится при обнаружении дефектов, параметры которых превышают допустимые значения	Проверочный расчет на прочность
4.	Гидравлические испытания котла (проводится службами эксплуатирующей организации в присутствии эксперта)	Акт испытания
5.	Испытания приборов и устройств безопасности	Протокол испытаний
6.	Согласование мероприятий для завершения	Протокол согласования



	процесса экспертизы	мероприятий для завершения процесса экспертизы
7.	Составление заключения экспертизы ПБ	Заключение экспертизы ПБ

При проведении технического диагностирования паровых котлов применялись следующие методы контроля:

- визуальный контроль;
- измерительный контроль;
- измерение толщины ультразвуковым методом;
- ультразвуковой контроль качества сварных соединений;
- магнитопорошковая дефектоскопия;
- измерение твердости металла;
- исследование металла.

Перед проведением технического диагностирования котлы подлежат остановке, охлаждению, дренированию и отключению от соседних котлов, трубопроводов и прочих коммуникаций.

На момент проведения анализа производственный опыт Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза» насчитывал 118 паровых котлов типа ДКВР, которым было выполнено техническое диагностирование, в том числе и в рамках экспертизы ПБ.

Основные виды выявленных несоответствий, выявленных при проведении технического диагностирования, отображены в таблице 2.

Техническое диагностирование котлов согласно пункту 2.6.5 [3] проводилось по соответствующим методикам и программам. После проведения анализа технической документации, предварительного внешнего и внутреннего осмотра, на основе типовой программы котлов типа ДКВР, разрабатывалась индивидуальная программа, учитывающая [4]:

- конструктивные особенности;
- конкретные условия эксплуатации;

- наличие или отсутствие аварий за период эксплуатации;
- выполненные ранее ремонты или реконструкции;
- замены изношенных элементов;
- выполненные ранее диагностические работы.

Табл. 2. Распространенные дефекты котлов типа ДКВР.

Вид дефекта	Количество котлов с данным дефектом
Превышение овальности барабанов котла более 1,5 %	8
Коррозионные повреждения внутренней поверхности барабанов	45
Отложение накипи и шлама на внутренней поверхности трубной системы котла	66
Коррозионные повреждения труб поверхностей нагрева	15
Коррозионные повреждения наружной поверхности различных элементов котла	6

Контроль технического состояния оборудования в процессе эксплуатации должен проводиться персоналом эксплуатирующей организации своевременно и в полном объеме.

Исходя из результатов проведенного анализа, преобладающий вид дефектов у котлов типа ДКВР – отложение накипи и шлама на внутренней поверхности трубной системы котла, наблюдается у 66% обследованного оборудования.



Распространенным дефектом являются различные коррозионные повреждения основных элементов паровых котлов.

Одни из главных причин возникновения дефектов – нарушение режимов эксплуатации и длительные простои оборудования.

Литература

1. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности: Учеб. Пособие / Б.А. Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008 – 64с.
2. Федеральные нормы и правила «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».
3. «Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок».
4. СО 153-34.17.496-2003 «Инструкция по продлению срока безопасной эксплуатации паровых котлов с рабочим давлением до 4,0 МПа включительно и водогрейных котлов с температурой воды выше 115 С».

ОПЫТ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ СОСУДОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОАО «ФОРТУМ»

Березина А.И.

.Начальник отдела экспертизы технических устройств
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Новикова В.Ю.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Языков А.А.

Начальник лаборатории неразрушающего контроля
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

28.10.2015

Из опыта диагностического и эксплуатационного контроля металла сосудов, работающих под давлением, установленных на предприятиях ОАО «Фортум», можно выделить основные повреждения, выявляемые в последние годы на сосудах после длительной эксплуатации, а также на еще не отработавших назначенный срок службы.

Наиболее повреждаемыми участками корпусов деаэраторов высокого давления при эксплуатации являются зоны сопряжения переходного штуцера деаэрационной колонки с баком-аккумулятором и зоны приварки

ребер жесткости к баку. Рассмотрим примеры таких повреждений.

В январе 2011г. на деаэраторе бата ст.№2 Аргаяшской ТЭЦ была обнаружена течь (прокапывание) воды из-под тепловой изоляции внизу бака. Деаэратор был отключен для осмотра. Деаэраторный бак №2 введен в эксплуатацию в 1954г., корпус бака выполнен из стали 3, диаметр 3040мм, толщина стенки 14мм. К моменту повреждения сосуд находился в эксплуатации 471216 часов при параметрах среды 0,6МПа, 160°С, подвергался 30 пускам и 8 гидроиспытаниям

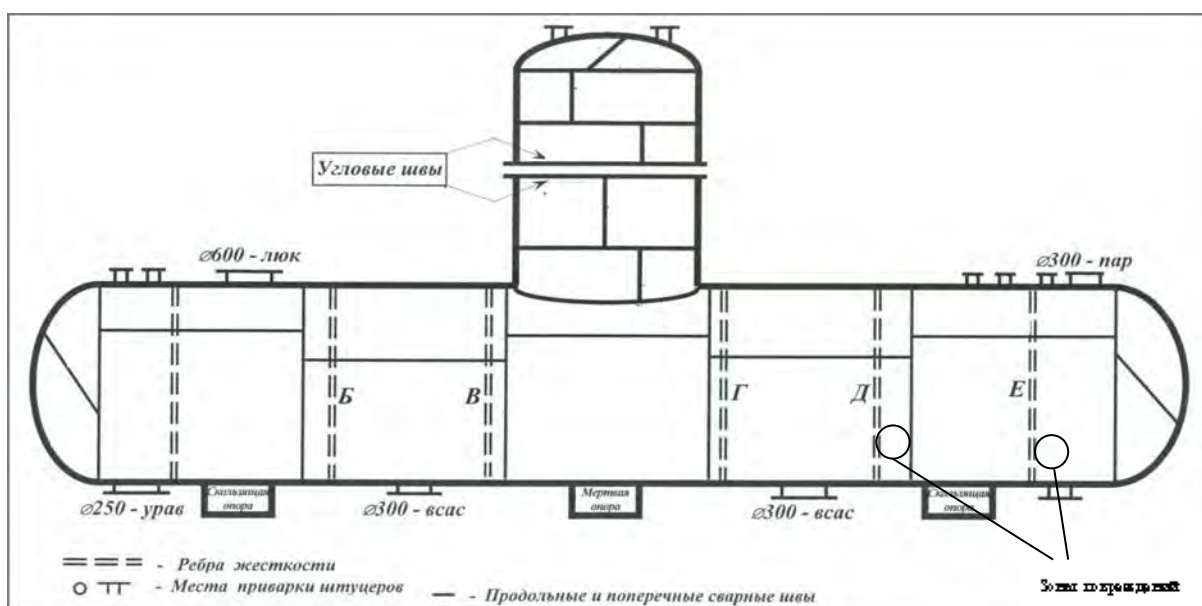


Рис. 1. Места расположения трещин на деаэраторном баке.

После снятия изоляции на наружной поверхности бака были выявлены две сквозные трещины длиной 50мм и 40мм с шириной раскрытия до 1,4мм, ориентированные поперек образующей сосуда, распространяющиеся в основном металле в нижней части бака (в водяном объеме). Поверхность металла вокруг трещин ровная, следы коррозионных повреждений отсутствуют. При визуальном контроле внутренней поверхности бака с применением магнитопорошковой дефектоскопии было обнаружено, что указанные трещины по внутренней поверхности имеют длину 250мм и 210мм, располагаются под уголковыми ребрами жесткости Д и Е в нижней части бака (рис. 1).

Трещины распространялись от швов приварки ребер жесткости по основному металлу вдоль ребер жесткости. Участок обечайки бака со сквозным повреждением был вырезан для исследования. При изучении шлифов видно, что трещины распространялись с внутренней поверхности перпендикулярно ей или под углом 80-85 градусов, имеют слабоизвилистую траекторию, проходят всю толщину стенки и выходят на наружную поверхность (рис. 2). Следов общей или язвенной коррозии металла на внутренней поверхности вблизи трещин не имеется. Микроструктура наплавленного металла шва приварки ребра жесткости состоит из феррита и 10-15% перлита в виде дисперсных выделений. Микроструктура основного металла корпуса носит следы термического влияния сварки, состоит из феррита и 30-50% мелкоигльчатого мартенсита. В поперечном сечении повреждение представляет собой трещину с параллельными слабоизвилистыми берегами, и заполненными окислами ответвлениями. Развитие трещин происходило в течение значительного отрезка времени. Характер

зарождения повреждения термический, развитие происходило по механизму коррозионной усталости.

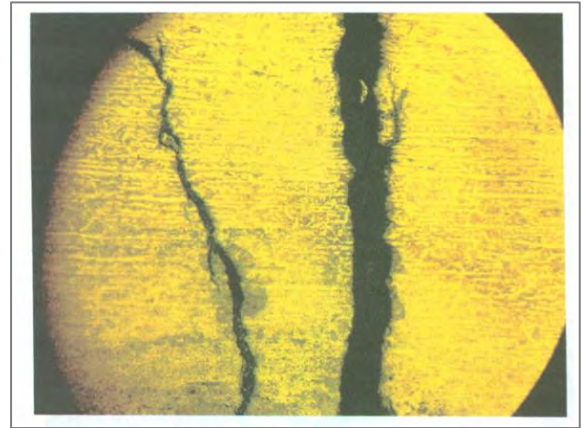


Рис.2. Вид трещин в поперечном сечении.

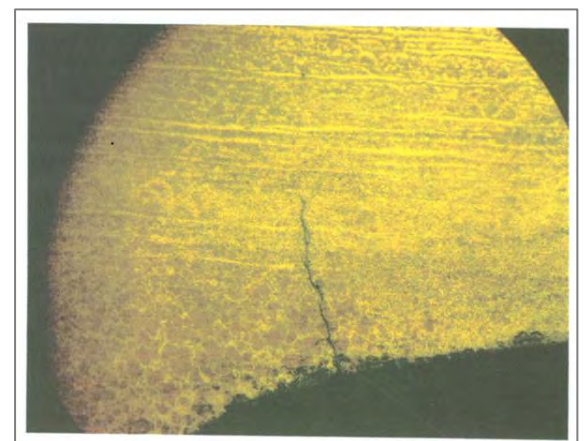


Рис. 3. Микроструктура металла в зоне влияния сварки.

На указанном деаэраторе в 2006г. проводилось техническое диагностирование. Визуальным контролем и магнитопорошковой дефектоскопией угловых сварных швов приварки ребер жесткости с внутренней поверхности бака дефектов выявлено не было. Выявленные трещины распространялись под уголковыми ребрами жесткости и могли быть обнаружены только при ультразвуковом контроле (методика ультразвукового контроля металла деаэраторов в местах приварки ребер жесткости описана в противоаварийном циркуляре Т-4/69, 10.1969г.), который не был проведен при диагностировании в

2006г. Данного рода повреждения являются типичными повреждением деаэрационных баков. Трещины в местах прихваточных швов ребер жесткости, как правило, распространяются по наплавленному металлу или пришовной зоне и проникают в основной металл тела бака. К числу факторов, способствующих иницированию и последующему развитию трещин в зонах ребер жесткости, следует отнести низкое качество прихваточных швов (подрезы, неплотное прилегание ребер к телу бака и др.), нарушение их геометрического порядка (прихватки по разные стороны от ребра должны располагаться в шахматном порядке). Для выявления указанного вида повреждений при проведении диагностирования деаэрационных баков нельзя пренебрегать проведением ультразвукового контроля сварных швов приварки ребер жесткости к баку, требуемым «Инструкцией по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением» СО 153-34.17.439-2003.

Еще одним характерным повреждением корпусов деаэрационных баков является образование трещин в зоне углового сварного соединения переходного штуцера деаэрационной колонки с баком. Как правило, трещины образуются на наружной поверхности бака как снаружи колонки, так и внутри нее, на конструктивной полке. Трещины чаще всего располагаются вдоль линии сплавления углового шва приварки переходного штуцера на небольшом расстоянии от нее. Реже встречаются трещины, ориентированные вдоль образующей бака с пересечением углового сварного шва.

При проведении диагностирования деаэрационного бака №2 Челябинской ТЭЦ-2 были выявлены аналогичные повреждения. Деаэрационный бак №2 введен в эксплуатацию в 1963г., корпус бака

выполнен из стали 3, диаметр 3456мм, толщина стенки 12мм. Параметры среды в корпусе - 0,5МПа, 160°С, к моменту повреждения сосуда число пусков – 46, гидроиспытаний - 10. При проведении магнитопорошковой дефектоскопии на внутренней поверхности бака в зоне сопряжения с колонкой были выявлены дефекты типа трещин протяженностью 500мм и 275мм. Вид трещины с внутренней поверхности бака – на рис.4. Места расположения трещин указаны на рис.5.



Рис. 4. Вид трещины с внутренней поверхности бака.

Выявлены также трещины различных размеров в наплавленном металле на 12-ти сварных соединениях приварки ребер жесткости (в верхней части ребер жесткости, расположенных под деаэрационной колонкой, по 6 на каждом ребре). Расчет на прочность элементов деаэрационного бака с учетом фактических значений толщины стенки (11,5мм - толщина стенки обечайки бака) показал, что зона сопряжения бака с колонкой имеет пониженный запас прочности, не учтенный еще при проектных расчетах (для деаэрационных баков высокого давления, выпущенных до 1980г., заводской расчет на прочность зоны сопряжения деаэрационных баков с колонкой выполнялся некорректно с существенным завышением расчетного коэффициента прочности данного узла),

что и привело к появлению коррозионно-усталостных трещин в указанной зоне

после длительной эксплуатации.

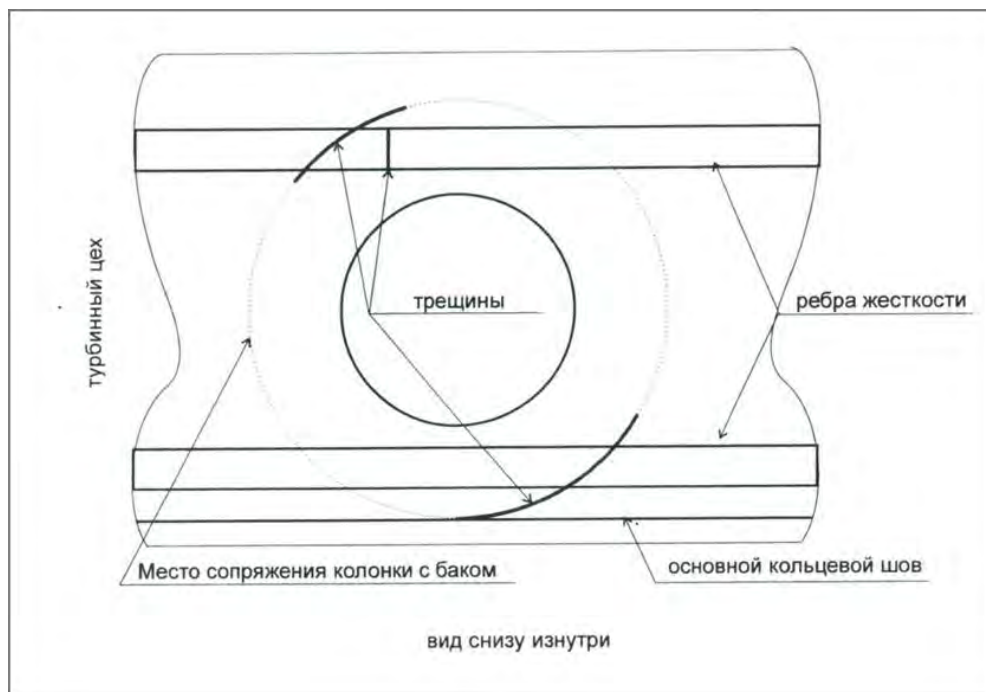


Рис. 5. Места расположения трещин.

Для снижения уровня напряжений участок обечайки бака в районе присоединения деаэрационной колонки к баку должен был быть заменен на участок толщиной не менее 16мм и размером по ширине, превышающим диаметр колонки не менее чем на 400мм. В связи с невозможностью проведения ремонта по замене дефектного участка обечайки сразу же после выявления трещин, был проведен временный ремонт деаэратора. Сквозные трещины в обечайке бака были выбраны механическим способом и наплавлены. Произведена выборка и заварка дефектных швов приварки ребер жесткости к обечайке бака. Такой способ ремонта допустим как временный. Ремонт выполнялся согласно рекомендаций по ремонту корпусов деаэраторов, приведенных в Приложении 6 СО 153.34.17.439-2003. Результаты эксплуатации бака после проведенного временного ремонта - положительные.

Кроме рассмотренных выше повреждений, произошедших на сосудах после длительного периода эксплуатации, следует отметить еще ряд повреждений, выявляемых на сосудах, не отработавших назначенный срок службы. В 2011г. на подогревателях высокого и низкого давления Аргаяшской ТЭЦ при проведении технического освидетельствования после 12 лет эксплуатации были обнаружены повреждения коррозионно-эрозионного характера.

При проведении визуального контроля на внутренней поверхности верхней обечайки корпуса ПНД-2 турбины №5 в районе отверстия подвода пара был обнаружен участок значительного коррозионно-эрозионного износа. Наименьшее значение толщины стенки обечайки в зоне износа составляло 6,2мм, при номинальной толщине – 8мм. Диаметр корпуса подогревателя равен 1040мм, паспортные параметры среды -



0,98МПа, 400°С. По результатам расчета на прочность минимально допустимая толщина стенки обечайки составила 6,15мм. Сосуд мог быть допущен в эксплуатацию только после проведения восстановительного ремонта. По данным станции сосуд эксплуатировался на значительно более низких параметрах, чем расчетные, указанные в паспорте. Интенсивный износ обечайки сосуда в районе паровпуска мог быть вызван повышенной конденсацией поступающего пара.

Во втором случае износ был обнаружен на внутренней поверхности нижней обечайки ПВД-4 турбины №2 в районе отверстия впуска конденсата из ПВД высшей ступени. Минимальная толщина стенки в зоне износа составила 6,7мм. Скорость коррозионного износа составила 0,6мм/год. Номинальная толщина стенки обечайки корпуса равна 14мм, диаметр корпуса – 1528мм, параметры среды - 2,06МПа, 236°С. Минимально допустимая толщина стенки обечайки по результатам расчета составила 13,2мм. Следует отметить, что согласно приложенному к паспорту расчету на прочность завода-изготовителя обечайка сосуда была изготовлена с малым запасом прочности по толщине стенки. В данном случае значительный износ стенки обечайки в районе отверстия ввода конденсата

вызван тем, что при эксплуатации сосуда не выдерживался уровень конденсата в нижней части корпуса и подача конденсата происходила не в водяную среду, а в паровую. На сосуде также был выполнен восстановительный ремонт обечайки методом наплавки согласно СТО 00220256-002-2006 «Сварочные работы при ремонте и реконструкции сосудов и аппаратов».

В обоих случаях сосуды проходили техническое освидетельствование впервые, через 12 лет эксплуатации, как того требуют действующие ранее «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» ПБ 03-576-03 и действующие сейчас Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» (Приказ Ростехнадзора № 116 от 25.03. 2014г.). Обнаруженные повреждения показывают необходимость сокращения срока частоты проведения внутренних осмотров подогревателей высокого и низкого давления.



ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИЧИН ПОВРЕЖДЕНИЯ ТРУБ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЕЙ КОТЛОВ БКЗ 210-140Ф ЧЕЛЯБИНСКОЙ

Березина А.И.

Начальник отдела экспертизы технических устройств
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Новикова В.Ю.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Языков А.А.

Начальник лаборатории неразрушающего контроля
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

28.10.2015

В технической литературе неоднократно отмечалось, что основная причина 80-85% вынужденных остановов котлов тепловых электростанций – повреждение поверхностей нагрева в процессе эксплуатации. Причем значительная часть этих повреждений приходится на повреждения труб пароперегревателей. Основными причинами повреждений труб пароперегревателей являются повреждения в результате раздельного или совместного действия таких факторов как:

- истощение ресурса металла;
- длительный перегрев – из-за относительно небольшого, но длительного превышения температурой стенки трубы $t_{ст}$ ее расчетного предельно допустимого значения $t_{доп}$;
- кратковременный перегрев, который может существенно превышать $t_{доп}$ и в большинстве случаев приводит к значительной локальной деформации трубы с увеличением ее диаметра и утонением стенки;
- ползучесть стали;
- термическая усталость – из-за циклических изменений $t_{ст}$ (с образованием в металле труб преимущественно транскристаллитных трещин);
- высокотемпературная газовая коррозия – при сжигании

высокосернистого жидкого топлива, или низкорекреационного твердого топлива с повышенным содержанием серы;

- недостатки конструкции, изготовления и ремонта пароперегревателя (например, несоответствие марки стали проектной, наличие в трубах исходных металлургических или технологических дефектов, закупорка отдельных змеевиков посторонними предметами или перекрытие сечения выступающим вовнутрь “воротником” контактной сварки, дефекты сварных соединений и др.);
- недостатки эксплуатации (нарушения топчного и водно-химического режима, чрезмерная зашлаковка топки и пароперегревателя, отсутствие или неэффективность контроля $t_{ст}$, отступления от инструктивных указаний при переходных режимах работы, особенно при ускоренных пусках блоков и др.).

В качестве примера рассмотрим случаи повреждения труб пароперегревателей котлов типа БКЗ 210-140Ф Челябинской ТЭЦ-2 ОАО «Фортум», произошедших в 2014г.

1. Пароперегреватель IV ступени котла №8 состоит из микроблоков, изготовленных из труб $\varnothing 32 \times 5$ мм, сталь марки 12Х1МФ, наработка -111617 часов.

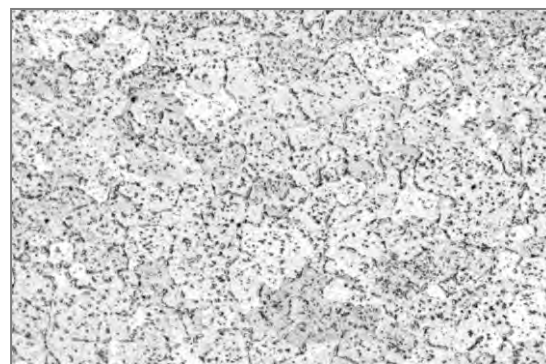
Параметры среды по паспортным данным: $P=140$ кг/см²; $T=555^{\circ}\text{C}$; расчетная температура стенки труб - 580°C . Парковый ресурс для труб $\text{Ø}32 \times 5$ мм из стали 12Х1МФ на расчетные параметры составляет 150 тысяч часов. Разрушение трубы произошло в среднем пакете на расстоянии 400 мм от потолка и представляет собой вырыв куска металла размерами 70x45 мм (рис.1). Наружная поверхность трубы темно сизого цвета, с плотно прилегающей окалиной толщиной до 1,5 мм. На наружной поверхности трубы по обе стороны вдоль кромок разрыва наблюдается сглаженная площадка шириной 10 мм. На поперечном шлифе, изготовленном в пересечении места разрыва, наблюдается утонение стенки трубы, из-за износа наружной поверхности. Так как окалина в местах подлиза плотная, хорошо сцепленная с поверхностью трубы, можно предположить, что утонение стенки произошло до наступления данного разрушения. Толщина стенки трубы по кромке разрыва составила 3,3-4,0 мм. Излом по месту разрушения окисленный, бездеформационный. Толщина стенки трубы с противоположной от разрушения стороны и вдали от разрыва составила 5-5,1 мм.



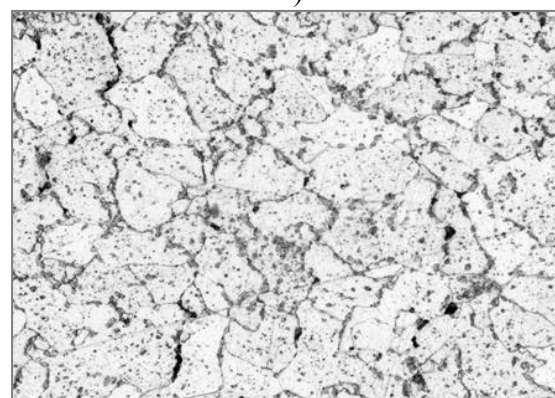
Рис. 1. Внешний вид повреждения трубы пароперегревателя IV ступени котла №8.

Материал трубы – сталь 12Х1МФ подтвержден результатами спектрального анализа (Cr-1,1%; Mo – 0,28%; V-0,18%).

В поле шлифов, изготовленных в пересечении кромок разрушения, наблюдается значительное окисление металла по границам зерен на глубину до 0,6 мм. Микроструктура металла трубы как вблизи разрыва так и на удалении от него полностью трансформирована и представляет собой феррит и точечные карбиды по границам и телу ферритных зерен (рис. 2, а, увеличение $\times 500$). Такое состояние структуры свидетельствует о снижении жаропрочных свойств материала.



А)



Б)

Рис. 2. Структура металла трубы пароперегревателя котла №8: а – микроструктура металла; б – микроповрежденность металла вдоль кромок разрыва.

Вдоль кромок разрыва в микроструктуре наблюдаются микропоры и цепочки пор ползучести

(рис. 2, б, x500). Следует отметить, что максимальная поврежденность металла порами наблюдается в основном на утоненном участке трубы.

Минимально допустимая толщина стенки трубы, рассчитанная на действующую наработку, составила $[S]=4,2$ мм, в расчете на наработку 150 тыс. часов – $[S]=4,5$ мм.

Таким образом, характер разрушения, состояние микроструктуры по сечению трубы как вблизи повреждения, так и на удалении от него, наличие микроповрежденности, свидетельствует об исчерпании металлом ресурса длительной прочности. Локальное утонение стенки трубы до 3,3 мм способствовало разрушению.

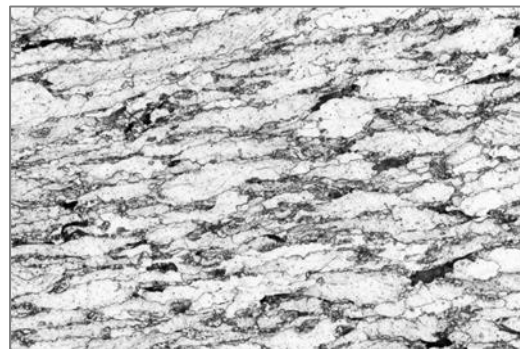
2. Пароперегреватель III ступени котла №7 состоит из микроблоков, изготовленных из труб $\text{Ø}32 \times 4$ мм, сталь 12Х1МФ, находился в эксплуатации 33242 часа. Параметры среды: $P=141$ кг/см²; $T=450^\circ\text{C}$.



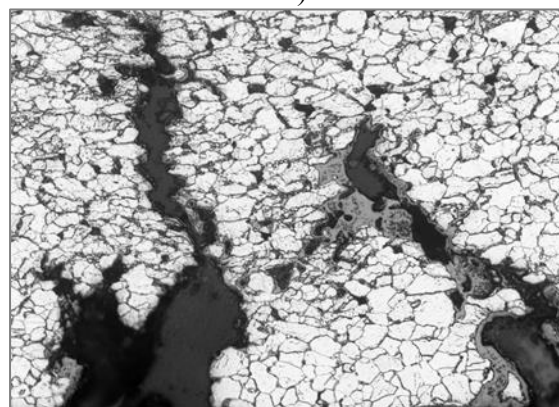
Рис. 3. Внешний вид повреждения трубы пароперегревателя III ступени котла №7.

Разрушение трубы произошло в крайнем левом пакете на расстоянии 0,15 м от потолка и представляет собой продольный разрыв металла длиной 50 мм и шириной раскрытия кромок 28 мм. Наружная поверхность трубы темно-сизого цвета, с плотно прилегающей окалиной (рис. 3). Диаметр трубы в месте разрыва 33,1 мм, что соответствует остаточной деформации 3,4%. Толщина стенки трубы по кромкам разрыва

составила 2,0 мм, вдали от разрыва – 4 мм. Вдоль кромок разрыва наблюдаются множественные продольные прерывистые трещины протяженностью 5-8 мм. В поле шлифов, изготовленных в пересечении кромки разрыва, наблюдается значительная деформация зерен, с множественными полостями и микропорами. Микроструктура металла со стороны разрыва представляет собой феррит и перекристаллизованный перлит (рис. 4, а, x200), с тыльной стороны – феррит, сорбит отпуска.



А)



Б)

Рис. 4. Микроструктура металла трубы пароперегревателя котла №7: а – микроструктура металла у кромок разрыва; б – трещины вдоль кромок разрыва в поперечном сечении.

Наличие перекристаллизованной перлитной составляющей в структуре металла может свидетельствовать о перегреве металла до температур выше 750°C при расчетной температуре стенки трубы $520-530^\circ\text{C}$. Трещины,

наблюдаемые с поверхности трубы вдоль кромок разрыва, на шлифе представляют собой клиновидные полости с широким раскрытием, залегающие на глубину 0,5-0,7 мм (Рис.4,б, x200). С наружной поверхности лобовой части трубы вблизи разрыва наблюдается значительное обезуглероживание металла на глубину 0,35-0,4мм. По всей толщине стенки трубы обнаружены множественные поры ползучести. На шлифе, изготовленном на некотором удалении от места разрыва микроструктура металла трубы, со стороны движения газов, представляет собой феррит, точечные карбиды и незначительное количество феррито-карбидной смеси ориентированной по границам зерен. С тыльной стороны этого участка трубы – феррит и 15% сорбита отпуска – структура удовлетворительная.

Таким образом, остаточная деформация 3,4%, характер разрыва, наличие деформированной и перекристаллизованной структуры с множеством микропор и микротрещин в районе разрыва, значительное обезуглероживание с наружной лобовой поверхности трубы свидетельствуют о чрезмерном локальном перегреве металла со стороны движения газов.

3. Потолочный пароперегреватель котла №9 изготовлен из труб Ø32x4мм, из стали 20, наработка на момент разрушения составила 280698 часов при 397 пусках. Параметры среды: P=153 кг/см²; T=343°C. Для исследования предоставлен поврежденный змеевик обводной трубы и для сравнения - соседний с ним змеевик.

На предоставленном змеевике обнаружено несколько повреждений (рис. 5). Основное (первичное) повреждение представляет собой продольный разрыв протяженностью 45мм, расположенный в нейтральной зонегиба, максимальная ширина раскрытия составляет 4мм. Кромки

излома окисленные, зернистого строения. Толщина стенки по кромкам излома составляет 2мм. Кроме того, на горбушкегиба и на второй нейтрали наблюдаются свищи в зонах с утонением стенки из-за износа под воздействием струи пара отраженной от соседних труб.



Рис. 5. Внешний вид повреждения трубы потолочного пароперегревателя котла №9.

Наружная поверхность трубы покрыта тонким слоем окислов рыжевато-коричневого цвета. На внутренней поверхности - плотно прилегающая окалина темно-серого цвета. Овальностьгиба на трубе с разрушением составила 2,8%, на соседней трубе – 3,1%.

Для изучения характера повреждения были изготовлены кольцевые темплеты, вырезанные непосредственно с места повреждения и с дополнительно предоставленного соседнего змеевика. На внутренней поверхности в нейтральной зонегибов, наблюдаются многочисленные радиально расположенные дефекты (рис. 6, а). Дефекты, представляют собой полости, распространяющиеся перпендикулярно поверхности вглубь металла, с характерными пережимами, заполненными продуктами коррозии. Окончание дефектов имеет тупой или раздвоенный конец (рис. 6, б, x100). Глубина залегания дефектов на разрушенной трубе составила от 1,2мм, до сквозного раскрытия. Подобные дефекты глубиной до 0,5мм обнаружены также на соседнем змеевике, и

составляют около 13% от номинальной толщины стенки.

Изменений микроструктуры по берегам дефектов не наблюдается. Микроструктура металла идентична и представляет собой феррит и около 20% перлита плотного пластинчатого строения.

Строение дефектов, их локализация и распространение характерно для процессов коррозионной усталости металла. Образование трещин и разрушение металла происходило в результате совместного воздействия циклически изменяющихся растягивающих напряжений и коррозионной среды. Трещины развивались по нейтральным волокнам гига, в местах максимального уровня напряжений от внутреннего давления, связанного с искаженной формой сечения гига.

Рассмотренные случаи являются характерными повреждениями пароперегревателей, выявляемые в последние годы при эксплуатации на котлах БКЗ-210-140Ф, эксплуатирующихся ОАО «Фортум».



Б)

Рис. 6. Вид поперечного сечения трубы пароперегревателя котла №9: а – общий вид в месте повреждения; б – дефекты на внутренней поверхности.



А)



БЕСКОНТАКТНЫЙ КОНТРОЛЬ

УДК 69

Голощапова А.М.	Ведущий инженер отдела ЗиС Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Суров А.А.	Эксперт отдела ЗиС Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Перепелко С.Н.	Эксперт отдела ЗиС Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Кузьмин П.К.	Эксперт отдела ЗиС Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Поляков Е.И.	Эксперт отдела ЗиС Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

29.10.2015

Аннотация. *Тепловизионное обследование ограждающих конструкций здания главного корпуса Конаковской ГРЭС.*

Ключевые слова: *тепловизионный контроль, тепловизор, ограждающие конструкции.*

Каждое производственное здание, в особенности давно эксплуатируемый объект, является активным потребителем энергоресурсов. Известный факт, что удельное электропотребление у старых зданий гораздо выше, чем у современных аналогов. Это выражается как в отсутствии капитального ремонта, так и в невозможности выявления мест наибольших теплопотерь. Тепловизионный контроль послужит быстрому выявлению всевозможных скрытых дефектов ограждающих конструкций зданий, а также обнаружению наиболее проблемных участков на ранней стадии развития.

Тепловизионный метод строительной экспертизы зданий основан на дистанционном измерении тепловизором полей температур поверхностей ограждающих конструкций (фасадов). Так как между внутренними и наружными поверхностями существует перепад температур, осуществляемая визуализация температурных аномалий

служит для определения дефектов, в виде областей повышенных теплопотерь, связанных с нарушением теплоизоляции, а также участков внутренних поверхностей ограждающих конструкций, температура на которых в процессе эксплуатации может опускаться ниже точки росы. При помощи тепловизора можно выявить: недостаточное утепление строительных конструкций, нарушения в швах и стыках между сборными конструкциями, дефекты покрытий, утечки тепла через окна и остекленные участки здания в результате плохого монтажа или производственных дефектов, утечки тепла по системам вентиляции, участки зданий с повышенным содержанием влаги и другие.

В 2013 году специалистами экспертной организации ООО «Промтехэкспертиза», филиал «Центральный» была проведена экспертиза промышленной безопасности здания главного корпуса,

принадлежащего Конаковской ГРЭС, в составе которой было выполнено тепловизионное обследование фасадов здания. Здание размерами – 81×468м, общей площадью – 37908 м², каркасного типа, заблокированное из двух одноэтажных объемов прямоугольной формы, различной высоты, над кровлей котельного отделения выступает аэрационный фонарь. Наружные стены из навесных панелей, окрашенных стеновых панелей дефектом – проседанием теплоизоляции. Некоторые участки стен более прогреты, температурный контраст между низом и верхом стыков достигает более 16°С. В результате теплопотери в таких местах возможно промерзание - образование мостика холода.

Еще один типичный дефект - участки повышения температуры в зоне расположения окон, являющиеся следствием негерметичности и недостаточной теплоизоляционной способности оконных рам.

После наложения термограмм на фотоснимки соответствующих участков можно оценить, что поверхности стен не однородны, это указывает на не одинаковые теплопотери здания через них. Теплопотери по глади наружного ограждения стеновых панелей турбинного отделения меньше, чем стеновых панелей котельного отделения, что объясняется наличием над котельным отделением аэрационного фонаря.

Во многих случаях вторым после окон и дверей источником теплопотерь является крыша. Причина — конвекция. Поток тёплого воздуха, т.к. их не собирает вентиляционная система рециркуляции, разогревает поверхность потолка, вызывая повышенную теплоотдачу. Из-за плохой герметичности стыков кровли со стенами аэрационного фонаря происходит эксфильтрация тёплого воздуха. В отопительный период эксфильтрация внутреннего воздуха означает вынос

влаги и потери энергии. Конденсация водяного пара вызывает переувлажнение, молекулы воды, диффундирующие в структуру материалов, создают капиллярные каналы, которые зимой превращаются в мостики холода, что приводит впоследствии к разрушению ограждающих конструкций. Аналогичные участки видны по всему периметру аэрационного фонаря.

Также зафиксированы большие теплопотери через ограждающие конструкции в цокольной части стены здания, что является следствием более высокой температуры в помещении из-за дополнительных теплопоступлений от оборудования, расположенного за стеной.

При съёмке угла здания с утепленным и неутепленным участками фасада более наглядно можно оценить эффективность проведенного утепления, так как за счет меньшего термического сопротивления температура на поверхности неутепленного фасада на 8 градусов выше.

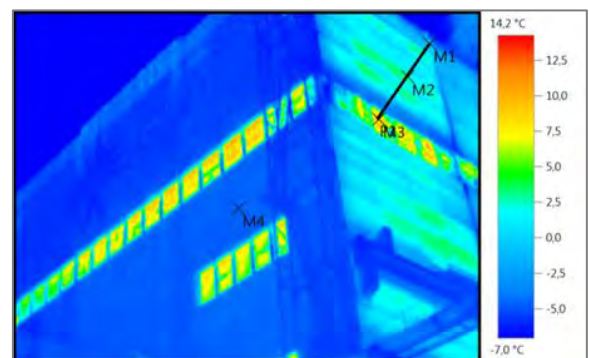
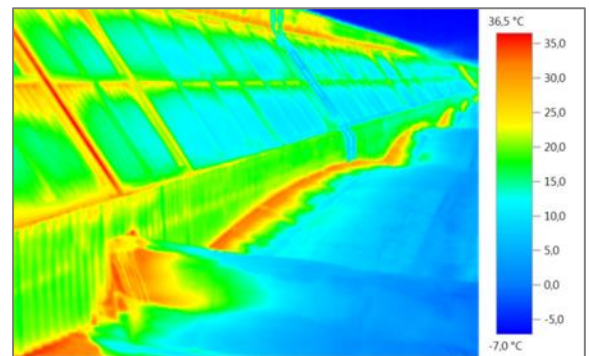


Рис. 3. Теплопотери через стык кровли со стенами Термограмма утепленного и



неутепленного фасада аэрационного
фонаря.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что при монтаже утеплителя были допущены пропуски и щели между стеновыми панелями. На поверхности ограждающих конструкций выделяются аномальные зоны, характерные для всех стеновых конструкций здания:

- зоны сопряжения наружных стеновых панелей (в основном в верхней части);
- зона сопряжения аэрационного фонаря с кровлей;
- зоны в районе створок оконных заполнений;
- зоны в районе дверей.

А также аномальные зоны в виде локальных повреждений:

- места проникания воздуха и воды (дефектная зачеканка швов с наружной стороны, отслоение пленки мастики от бетонной поверхности швов, трещины в мастике, дефекты оконных блоков и проемов из-за некачественного уплотнения, сквозные щели в соединениях элементов коробок, прерывность мастики в стыках заделки оконных блоков);
- мостики холода (ухудшение сопротивления теплопередаче) в местах отсутствия или проседания теплоизоляции;
- дефектные панели ограждающих конструкций (нарушения толщины и расстановки утеплителя, адсорбция влаги в утеплителе, оседание утеплителя, сколы краев панелей);

Литература

1. ГОСТ Р 54852-2011 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций».
2. ГОСТ 26254-84. «Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций».
3. РД-13-04-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения теплового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах».

- утечки тепла через системы вентиляции.

Наличие участков с повышенной теплопроводностью, привело к образованию конденсата на внутренней поверхности стен и монтажного шва в холодное время года.

В области образования мостика холода температура поверхности стен понижается настолько, что в холодное время года она становится ниже температуры точки росы. Влага, содержащаяся в воздухе помещения, образует конденсат и приводит к появлению сырости и как следствие появлению грибковых поражений, образование которых снижает долговечность конструкций и их функциональную надежность, из-за чего может быть потеряно до половины всего количества теплоты.

Для продления дальнейшей безопасной эксплуатации ограждающих конструкций объекта обследования необходимо выполнить ремонт фасадов с восстановлением окрасочного слоя, ремонта межпанельных швов, мест скола бетона, оголения и коррозии арматуры, с предварительной тщательной подготовкой поверхностей.

Применение тепловизионного метода контроля при обследовании ограждающих конструкций промышленного здания позволило в кратчайшие сроки, без проведения подготовительных работ и привлечения промальпинистов эффективно выявить широкий спектр повреждений большой площади фасадов здания, получить наглядные, точные результаты и сразу определить пути устранения обнаруженных недостатков.



ДЕФЕКТЫ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ, ПРИБОРОВ И УСТРОЙСТВ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ – ОДНИ ИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ.

УДК 67

Хохлов В. Г.

Митрофанов А. Л.

Гудков И.В.

Эксперт в области промышленной безопасности Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

Эксперт в области промышленной безопасности Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

Начальник ЭТЛ Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

29.10.2015

От надежной и безопасной работы подъемных сооружений в большой мере зависит обеспечение нормального технологического процесса предприятий промышленности, проведение ремонтных, монтажных и других работ с применением подъемных сооружений.

В ходе проведения работ по экспертизе в соответствии с требованиями Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (далее по тексту ФНП) [3], в соответствии с рекомендациями руководящего документа РД 10-112-5-97 «Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы». Часть 5. «Краны мостовые и козловые» [5], а также других Руководящих нормативных документов, осуществляется проверка состояния узлов и механизмов: проводится оценка соответствия установленного оборудования эксплуатационным документам; проводится внешний осмотр в целях анализа общего состояния, работоспособности и необходимости проведения дальнейших измерений, а так же проводится проверка

работоспособности ограничителей, приборов и устройств безопасности, которыми оборудовано подъемное сооружение согласно паспорту и эксплуатационной документации.

Данная статья посвящена решению актуальной задачи обеспечения надежной и безопасной эксплуатации подъемных сооружений (далее по тексту ПС), а именно состоянию и работоспособности концевых выключателей механизмов: подъема (опускания) грузозахватного органа, передвижения грузовой тележки (тележек), ограничения передвижения моста крана грузоподъемных кранов мостового типа.

Для ограничителей, приборов и устройств безопасности, к которым относятся указанные концевые выключатели, имеются следующие требования действующих ФНП:

Статья 10: « Для предотвращения и/или минимизации последствий аварий, инцидентов на ОПО, с учетом возможной потери жизни и/или здоровья людей в процессах, перечисленных в пункте 9 настоящих ФНП, должны выполняться следующие общие принципы (требования) промышленной безопасности ПС:

г) соответствие оснащённости ПС регистраторами, ограничителями и указателями, указанными в паспорте ПС, а также требованиям обеспечения безопасности технологического процесса, обслуживаемого ПС»;

Статья 21. «Работы на регистраторах, ограничителях и указателях должны выполнять работники специализированных организаций (в том числе субподрядных), допущенные на основании проверки знаний в соответствии с требованиями изготовителей (разработчиков), изложенными в эксплуатационных документах указанных регистраторов, ограничителей и указателей, а также с учетом конструктивных особенностей и назначения ПС».

Статья 23: «Организация (индивидуальный предприниматель), эксплуатирующая ОПО с ПС (без выполнения собственными службами работ по ремонту, реконструкции или модернизации) (далее - эксплуатирующая организация), должна соблюдать требования руководств (инструкций) по эксплуатации имеющихся в наличии ПС и выполнять следующие требования:

г) не эксплуатировать ПС с неработоспособными ограничителями, указателями и регистраторами».

При производстве работ всё внимание машиниста сконцентрировано

на операциях с грузом, производимых в рабочей зоне. В процессе подъёма (опускания) груза в более чем 90% случаев машинист не контролирует верхнее положение грузозахватного органа – груз зацеплен съёмным грузозахватным приспособлением (стропами). Операции с грузом выполняются по команде стропальщика.

При неисправном (а так же в случаях, что при отсутствующем, неподключенном согласно электросхемы или принудительно выведенным из работы) концевого выключателя ограничения высоты подъёма грузозахватного органа, происходит воздействие крюковой подвеской на поперечную балку (балки) металлоконструкции грузовой тележки крана (фото 1-4).

Следствием такого несрабатывания или неисправности концевого выключателя ограничения высоты подъёма крюковой подвески (крюковых подвесок – при двух и более механизмах подъёма) является деформация (зачастую с разрывами по целому металлу и отрывами по сварным швам) металлоконструкции рамы грузовой тележки, а также почти в 100 % случаев деформация и (или) сколы реборд направляющих блоков каната механизма (механизмов) подъёма груза в крюковой подвеске (фото 5, 6).

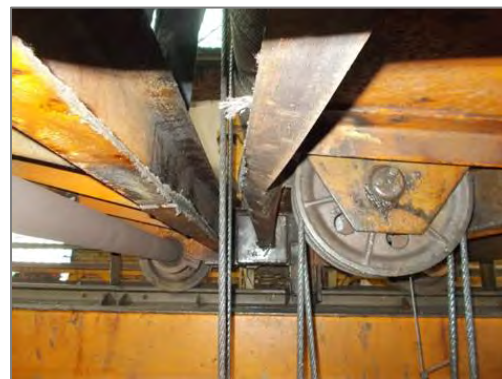


Фото 1-2. Деформация металлоконструкции элементов рамы грузовой тележки.

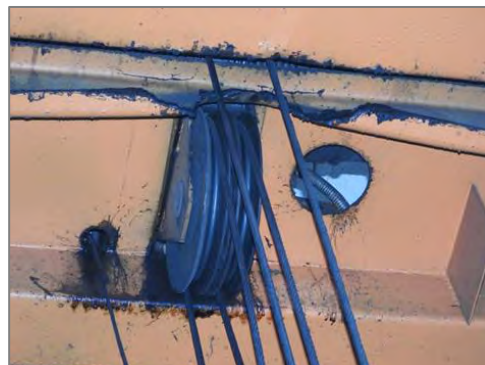


Фото 3-4. Деформация металлоконструкции элементов рамы грузовой тележки.

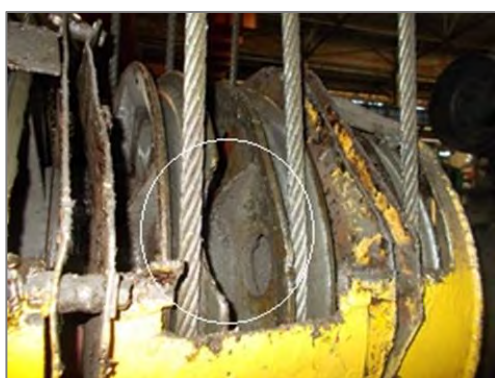


Фото 5-6. Сколы реборд блоков крюковых подвесок.

Перемещение груза вдоль пролётного строения крана производится зачастую также – без контроля крайних положений грузовой тележки, тем более в случаях «необходимости» складирования материалов и изделий дополнительно в «свободных зонах», концевые выключатели механизма передвижения грузовой тележки выводятся из эксплуатации обслуживающим персоналом. Результатом таких действий или несрабатывания (отсутствия, неисправности, неподключенном согласно электросхемы, принудительно выведенным из работы) концевых выключателей является деформация, образование трещин металлоконструкций грузовой тележки, упругих буферных устройств ограничения передвижения грузовой тележки, тупиковых упоров ограничения передвижения грузовой тележки (фото 7, 8).

Аналогичные последствия получаются при неисправных (часто – отсутствующих или принудительно выведенных из работы) концевых выключателей ограничения передвижения крана по рельсовым путям цехов (производственных, складских помещений), а так же неисправности или отсутствия отключающих линеек, как на концах рельсового пути, так и на соседних (смежных) кранах, работающих в одном пролёте (фото 9).

Концевые выключатели могут быть «выведены» из работы путём «заклинивания» главного контактора цепи управления в защитной панели крана (фото 10, 11).

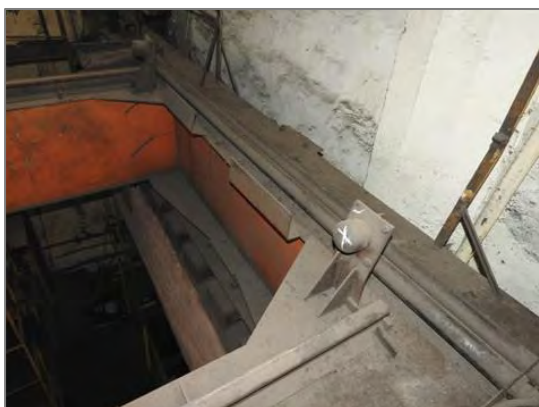


Фото 7. Деформация металлоконструкции тупикового упора.



Фото 8. Неисправность буферного устройства.



Фото 9. Неисправность буферного устройства.



Фото 10. Неисправность главного контактора цепи управления в защитной панели крана.



Фото 11. Неисправность главного контактора цепи управления в защитной панели крана.

Организациям, эксплуатирующим ОПО с ПС, необходимо соблюдать требования Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения" [3], а именно Ст. 118: «В процессе выполнения работ с применением ПС не разрешается:

- использование ограничителей (концевых выключателей) в качестве рабочих органов для автоматической остановки механизмов;
- работа ПС при отключенных или неработоспособных ограничителях, регистраторах указателей и тормозах.



Проверка исправности и срабатывания конечных выключателей механизмов ПС в соответствии с требованиями Правил [3] и производственных инструкций должна выполняться машинистами ежемесячно, с занесением результатов в вахтенный журнал. Подекадно ПС должно проверяться специалистом, ответственным за содержание ПС в работоспособном состоянии. Безусловно, огромную роль при эксплуатации ПС, играет так называемый «человеческий фактор», т. е. отношение непосред-

ственных исполнителей к процессу производства работ.

Специалистам, эксплуатирующим ПС и ответственным за осуществление производственного контроля при эксплуатации ПС на предприятиях, необходимо четко осознавать, что любые, даже на первый взгляд незначительные нарушения и отступления от требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах, могут привести к значительному экономическому ущербу и (или) несчастному случаю.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.97 г. №116-ФЗ, с изменениями, «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила проведения экспертизы промышленной безопасности" (Приказ № 538 Ростехнадзора от 14.11.2013).
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения" (Приказ Ростехнадзора от 12.11.2013 N 533. Зарегистрировано в Минюсте России 31.12.2013 N 30992).
4. РД 10-112-96 Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы. Часть 1. Общие положения (РД 10-112-1-04)
5. РД 10-112-5-97 Методические указания по обследованию грузоподъемных машин с истекшим сроком службы. Часть 5. Краны мостовые и козловые.
6. РД 10-197-98 Инструкция по оценке технического состояния болтовых и заклепочных соединений грузоподъемных кранов.
7. РД 03-606-03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю.
8. Паспорт. Тормоза колодочные типа ТКГ.
9. ГОСТ 12.2.007.0-75 «Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».
10. Правила устройства электроустановок.

О ПОВРЕЖДЕНИЯХ ТУПИКОВЫХ УЧАСТКОВ ПАРСОБОРНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ КОТЛА ТПГЕ-21

Березина А.И.

.Начальник отдела экспертизы технических устройств
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Новикова В.Ю.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Языков А.А.

Начальник лаборатории неразрушающего контроля
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

29.10.2015

В мае 2002г. произошло сквозное повреждение патрубка $\varnothing 133 \times 13 \text{ мм}$ паросборного коллектора пароперегревателя низкого давления (КПП НД) котла ТПГЕ-215 ст.№1 Челябинской ТЭЦ-3.

Паровой котел однобарабанный, с естественной циркуляцией, с промперегревом, однокорпусный, выполнен по Т-образной компоновке. Котел изготовлен Таганрогским котельным заводом, рассчитан на параметры острого пара $p = 140 \text{ кгс/см}^2$, $T = 545^\circ \text{C}$; параметры на выходе из КПП НД $p = 25,4 \text{ кгс/см}^2$, $T = 545^\circ \text{C}$. Четыре паросборных коллектора паропере-

гревателя низкого давления (НД) котла расположены попарно с левой и правой стороны котла. Коллекторы изготовлены из труб $\varnothing 426 \times 20 \text{ мм}$, сталь 12Х1МФ. В паросборные коллекторы пар поступает из выходных коллекторов $\varnothing 325 \times 18 \text{ мм}$ второй ступени конвективного пароперегревателя НД по перепускным трубам $\varnothing 194 \times 11 \text{ мм}$ (рис.1). С одной стороны паросборные коллекторы соединены с паропроводом горячего промперегрева, с другой - заглушены доньшками с центральным отверстием, к которым приварены глухие патрубки $\varnothing 133 \times 13 \text{ мм}$.

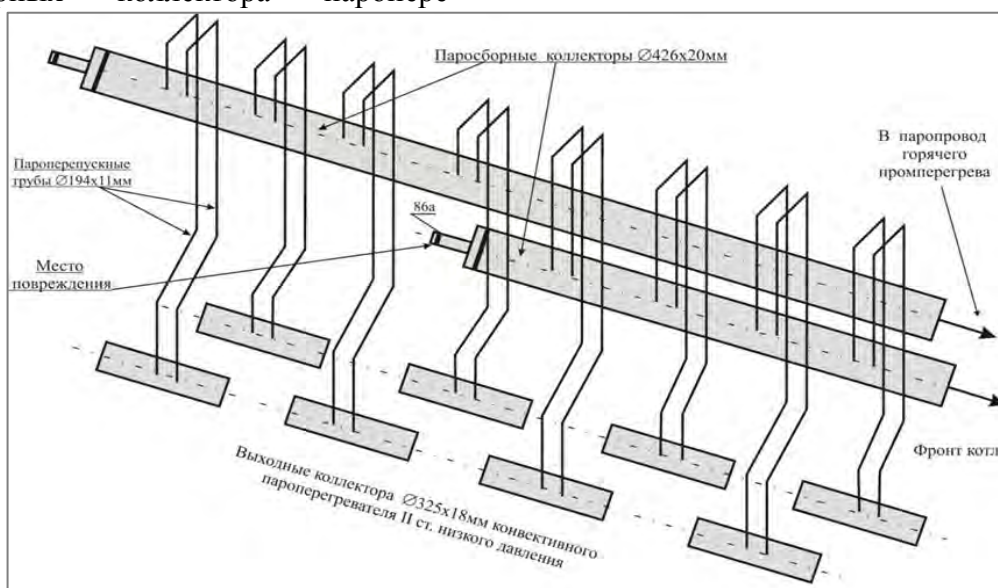


Рис. 1. Схема расположения паросборных коллекторов КПП НД котла ТПГЕ-215 (правая сторона).

На момент аварии котел находился в эксплуатации 45168 часов. Свищ образовался в районе сварного шва №86а приварки доньшка к патрубку $\varnothing 133 \times 13$ мм внутреннего (короткого) коллектора с правой стороны котла. Тупиковый участок паросборного коллектора пароперегревателя НД (рис. 2) образован зоной самого коллектора длиной 1200 мм (до врезки трубы $\varnothing 194 \times 11$ мм) и приваренным к его донцу

патрубком $\varnothing 133 \times 13$ мм длиной 300 мм. Причины повреждения устанавливались по результатам исследования двух патрубков с доньшками и сварными стыками №86а и №99а. При этом объем проведенных работ включал: внешний осмотр, измерение толщины стенки, расчетное определение температуры металла тупиковой части коллекторов, анализ результатов.

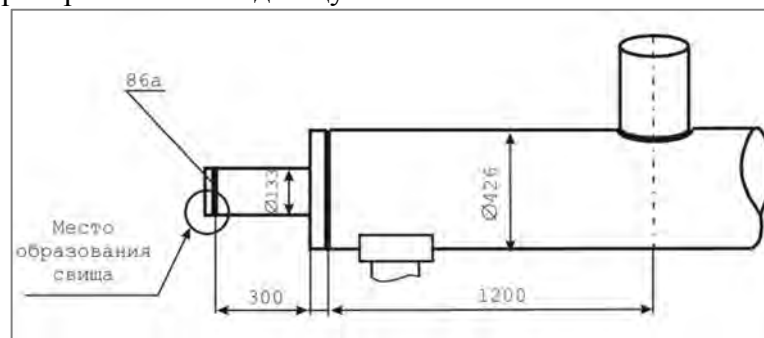


Рис. 2. Тупиковая часть короткого паросборного коллектора НД (правая сторона котла).

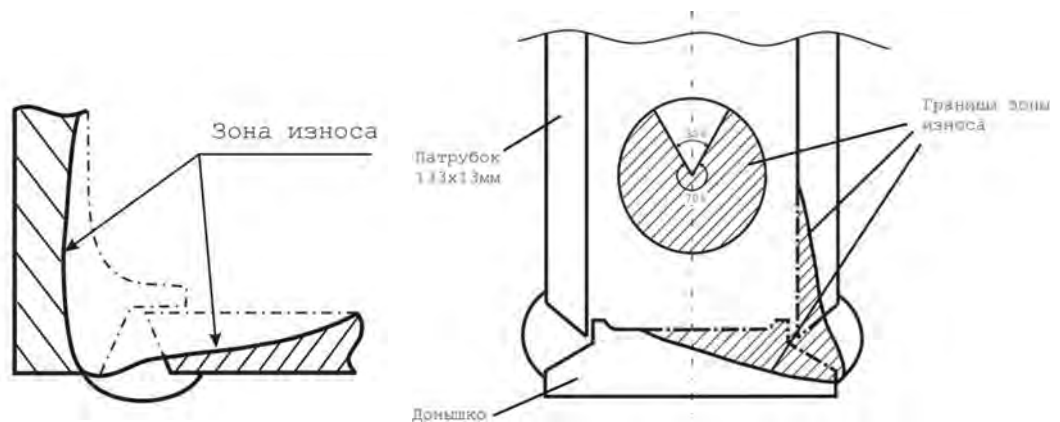


Рис.3 – Характер износа доньшка и патрубка $\varnothing 133$ мм.

Внешний осмотр.

Наружная поверхность исследуемых патрубков ровная, гладкая, без следов пластической деформации. Внутренняя поверхность обоих патрубков темная, сглаженная, без окалины, с характерными признаками локального износа. На поврежденном патрубке со стыком № 86а наблюдался неравномерный износ доньшка. Сектор доньшка, занимающий около 30% площади, включая центральную часть,

был изношен незначительно. Остальная часть доньшка имела плавное увеличивающееся к периферии утонение. Поверхность центральной части доньшка была гладкой (отшлифованной), серого цвета. Периферийная часть была повреждена четко выраженными концентрическими окружностями, глубина которых возрастала по мере удаления от центра. Наибольший износ боковой части составлял 12-15 мм от внутренней поверхности доньшка и

занимал 70% длины окружности. «Усик» доньшка был полностью изношен. Износ патрубка – неодинаковый, плавно уменьшающийся на длине 80 мм. Максимальное значение утонения отмечено в зоне, примыкающей к доньшку. Характер износа патрубка и доньшка приведен на рисунке 3.

Внутренняя поверхность патрубка со сварным стыком №99а полностью идентична вышеописанному, за исключением направления концентрических следов износа на доньшке, свидетельствующих о

противоположном направлении вращения рабочей среды. Вид износа внутренней поверхности патрубков и доньшек аналогичен, имеющему место, износу труб водяных экономайзеров.

Измерение толщины стенки.

В связи с повреждением патрубка Ø133мм был проведен контроль толщины стенки всех патрубков и доньшек паросборных коллекторов НД. Результаты контроля представлены в таблице 1.

Табл. 1. Результат контроля толщины стенок патрубков и доньшек паросборных коллекторов НД.

Коллектор пароперегревателя НД	Толщина стенки, мм	
	Патрубка (Ø133x13мм)	Доньшка (22мм по чертежу)
<u>Левая сторона</u>		
Длинный	7,4-12,1	19,2-22,1
Короткий	1,4-10,0	9,0-21,3
<u>Правая сторона</u>		
Длинный	3,6-13,1	10,2-18,5
Короткий	сквозное утонение	не измерялась

Из полученных результатов следует:

- на всех патрубках Ø133мм и доньшках наблюдался интенсивный износ стенки с внутренней поверхности; на патрубке и доньшке у стыка №86а вплоть до сквозного разрушения;
- износ стенок патрубков и доньшек очень неравномерный;
- наибольший износ стенок наблюдался в коротких коллекторах;
- отмечалась более высокая скорость износа стенки паросборных коллекторов с правой стороны котла;
- максимальная скорость износа стенки составляла 0,29мм/1000час.

В связи с обнаружением сильного износа исследуемых патрубков Ø133x13мм, был проведен контроль

толщины стенки доньшек паросборных коллекторов НД и примыкающих к ним участков. В этих зонах также было обнаружено утонение доньшек, с максимальной скоростью износа 0,4мм/1000час.

В июне 2003г. был проведен контроль толщины стенки замененных участков паросборных коллекторов НД, патрубков Ø133мм и доньшек. Нарботка котла после проведенной в мае 2002г. замены составила 5104 часа. По результатам контроля было выявлено, что износ стенок паросборных коллекторов, приварных патрубков и доньшек продолжался в ранее установленных местах. Скорость износа паросборных коллекторов при этом была значительно больше скорости износа приварных патрубков и за период

эксплуатации с 05.2002г. по 06.2003г. составила 1,2мм/1000часов.

Расчетное определение температуры металла в тупиковой части коллекторов.

Температура металла в тупиковой части коллекторов определялась по формуле [1]:

$$t = t_0 + (t_{вх} - t_0) \exp\left(-X \sqrt{\frac{q}{(t_n - t_0)}}\right), \text{ где:}$$

t_0 – температура окружающего воздуха;

$t_{вх}$ – температура пара на входе в коллектор;

X – расстояние от места подвода пара, м;

q – потери тепла с единицы длины трубы в единицу времени;

– коэффициент теплопроводности;

– площадь поперечного сечения трубы;

t_n – температура, на которую рассчитана изоляция.

Расчет выполнен при следующих условиях: $t_0=30^{\circ}\text{C}$, $t_{вх}=545^{\circ}\text{C}$,

$q=500\text{ккал/м}\cdot\text{час}$ (для $\varnothing 426\text{мм}$) и

$275\text{ккал/м}\cdot\text{час}$ (для $\varnothing 133\text{мм}$),

$=30\text{ккал/м}\cdot\text{час}\cdot\text{град}$, $=0,0255\text{м}^2$ (для

труб $\varnothing 426\times 20\text{мм}$) и $0,0049\text{м}^2$ (для труб

$\varnothing 133\times 13\text{мм}$), $t_n=600^{\circ}\text{C}$.

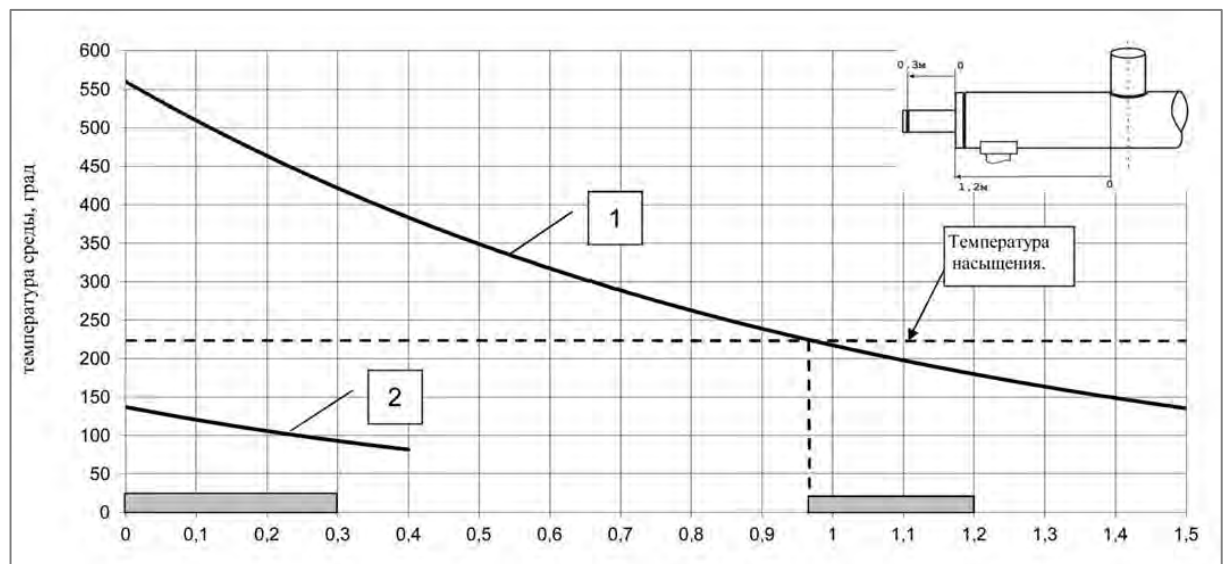


Рис. 4. Расчетное распределение температуры металла по длине тупикового участка коллектора (расстояние: метр).

426x20мм из стали 12X1МФ для проектной температуры пара промежуточного перегрева 545°C .

1- паросборный коллектор КПП НД $\varnothing 426\times 20\text{мм}$; 2- патрубок донышка коллектора $\varnothing 133\times 13\text{мм}$.

По результатам расчета построен график распределения температуры металла по длине тупикового участка паросборного коллектора НД (рис.4) для проектных параметров пара ($24,5\text{кгс/см}^2$, 545°C). Температура насыщения пара указанных параметров составляет 223°C . Таким образом, при длине тупиковых участков более 1м в паросборных коллекторах КПП НД возникают условия

для конденсации пара и образования конденсата. Влияние теплоотвода через металлические опоры, расположенные под тупиковыми участками, в расчете не учитывалось, однако их наличие способствует снижению температуры металла этих участков и конденсации пара.

Анализ результатов.

Паросборные коллектора КПП НД



котла ТПГЕ-215 ст. №1 Челябинской ТЭЦ-3 имеют тупиковые участки длиной 1,2м, не считая длину приварных патрубков. Расчет показал, что в этих участках при эксплуатации котла на проектных параметрах ($24,5 \text{ кгс/см}^2$, 545°C) возможно снижение температуры металла ниже температуры насыщения (223°C), в связи с чем возникают условия для конденсации пара и образования конденсата.

Фактическая температура пара в указанных коллекторах может быть ниже проектной (согласно форме 3-тех среднегодовая температура пара НД составляла $538-542^\circ\text{C}$), что способствует процессу образования конденсата в тупиковых участках коллекторов.

Известны повреждения энергетического оборудования из-за образования конденсата в тупиковых участках паропроводов, байпасов, дренажей и воздушных линий [3,4]. Образующийся в этих случаях конденсат, как правило, растекается или выносится проходящим паром на внутренние поверхности труб, вызывая тепловую и термическую усталость металла.

В рассматриваемом же случае большие расходы пара захватывают образующийся в тупиковых участках паросборных коллекторах конденсат, вызывая его завихрение и вращение с высокой скоростью. Свидетельством этому служат образование концентрических окружностей на внутренней поверхности доннышек,

вследствие эрозии металла потоком конденсата. Частицы окалины, сорванные вращающимся потоком с внутренней поверхности, ускоряют процесс износа. Скорость износа тупиковых участков паросборных коллекторов в 1,4-3,5 раза выше, чем патрубков, что, по-видимому, вызвано более высокими окружными скоростями перемещения конденсата в коллекторах $\varnothing 426 \text{ мм}$, чем в патрубках $\varnothing 133 \text{ мм}$.

В дальнейшем было принято решение о ликвидации тупиковых участков коллекторов путем сокращения их длины до величины, исключающей образование конденсата. По согласованию с заводом-изготовителем тупиковые участки коллекторов были сокращены до 500мм.

Хочется отметить, что контроль толщины стенки доннышек коллекторов пароперегревателей и выходных коллекторов горячего промпрегрева с прилегающими тупиковыми участками не входит в основной объем эксплуатационного контроля, регламентированный РД 10-577-03 «Типовая инструкция по контролю металла...». Поэтому, при техническом диагностировании котлов с подобными конструктивными особенностями необходимо дополнительно проводить ультразвуковую толщинометрию тупиковых участков и доннышек коллекторов с целью выявления возможного эрозийного износа.

Литература

1. Токарский Б.П. Некоторые рекомендации по обеспечению надежности паропроводов с тупиковыми отводами. – «Энергетическое строительство», 1969г., №1.
2. Центр Ф.Г. Проектирование тепловой изоляции электростанций и тепловых сетей. – «Энергия», 1972г.
3. Карасев В.В., Непогодин И.С. О повреждении пусковых байпасов турбин. – «Электрические станции», 1975г., №3.
4. Разрушение сварных соединений горячих паропроводов промежуточного перегрева блоков 300 МВт в местах приварки дренажей / Небесова И.Ф., Суркова А.Ф., Никанорова Н.И., Азнабаев А.А.- В сборнике научных трудов ВТИ



«Эксплуатационная надежность металла оборудования тепловых электростанций». М.: ВТИ, 1987.



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАРОВЫХ ТУРБИН. МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.

Березина А.И.

.Начальник отдела экспертизы технических устройств
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Новикова В.Ю.

Эксперт отдела экспертизы технических устройств
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Языков А.А.

Начальник лаборатории неразрушающего контроля
Уральского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

29.10.2015

Одним из важнейших способов получения информации о надежности оборудования, применяемого на опасных производственных объектах, в частности паровых турбин ТЭС, является неразрушающий контроль. Качество этой информации, ее достоверность и оперативность оценки в значительной мере определяют эффективность обеспечения промышленной безопасности. Организация деятельности по неразрушающему контролю оборудования, отработавшего назначенный срок эксплуатации, осуществляется в рамках Системы экспертизы промышленной безопасности, создание которой – одно из направлений реализации Федерального закона от 21.07.97 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Актуальность применения неразрушающего контроля в целях обеспечения эксплуатационной безопасности оборудования, применяемого на опасных производственных объектах, подтверждается постановлением Правительства Российской Федерации от 28.03.01 №241 «О мерах по обеспечению промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации».

Классификация дефектов.

Дефектом называется каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным норма-

тивной документацией. В зависимости от возможного влияния на служебные свойства детали дефекты могут быть критическими, значительными и малозначительными. При классификации учитывают характер, размеры, место расположения дефекта на детали, особенности деталей и изделий, их назначение, условия эксплуатации и ремонта.

Обычно под дефектом понимают нарушения сплошности материала, выявленные средствами неразрушающего контроля.

Явные поверхностные дефекты выявляют глазом, а внутренние - скрытые и поверхностные, неразличимые глазом – специальными средствами.

Критическим называют дефект, при наличии которого использование детали (элемента оборудования) по назначению невозможно или исключается из-за несоответствия безопасности или надежности.

Значительный – дефект, который существенно влияет на использование детали (элемента оборудования) по назначению и (или) на ее долговечность, но не является критическим.

Малозначительный – дефект, который не оказывает влияния на использование детали (элемента оборудования) по назначению и (или) на ее долговечность.

По происхождению дефекты изделий подразделяют на:

- производственно-технические, металлургические, возникающие при отливке и прокатке;
- технологические, возникающие при изготовлении и ремонте деталей (сварке, наплавке, механической и термической обработках, калибровке и др.);
- эксплуатационные, возникающие после некоторой наработки изделия в результате усталости металла деталей, коррозии, изнашивания и т.д., а также неправильного технологического обслуживания в эксплуатации.

В процессе эксплуатации паровых турбин наиболее опасным является возникновение трещин основного металла и металла сварных соединений, наличие которых значительно снижает срок службы оборудования и является одной из основных причин возникновения аварийных ситуаций.

Зарождение и развитие трещин обусловлено совокупным воздействием ряда факторов: высоким уровнем напряжений и их нестабильностью,

коррозионным влиянием среды, наличием металлургических дефектов и сварки; воздействием высоких температур, отклонениями в режимах эксплуатации.

Основные причины появления трещин на корпусных деталях:

- исходное некачественное литье, некачественная наплавка (несплошность металла, загрязненность включениями, низкие механические свойства);
- работа в нерасчетном режиме (большое количество пусков, ускоренные прогревы и охлаждения);
- ухудшение свойств металла в процессе эксплуатации.

Повреждения корпусов в основном связаны с образованием термоусталостных трещин в зонах концентрации напряжений, такие как резкие изменения формы или размеров при недостаточных радиусах закруглений (рис.1). Инициатором термоусталостных трещин также служат повышенная шероховатость поверхности и первоначальное коррозионное повреждение (рис.2).



Рис.1. Трещина на наружной поверхности крышки корпуса турбины в месте радиусного перехода.

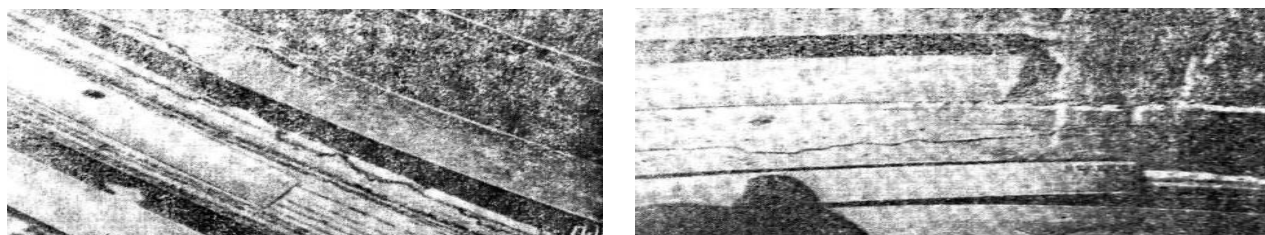


Рис. 2. Трещины в местах расточек под диафрагмы на внутренней поверхности корпуса турбины (а) и на внутренней поверхности крышки корпуса турбины (б).

Основные причины повреждений цельнокованых роторов паровых турбин высокого и среднего давления и насадных дисков.

Повреждения в роторах турбин могут образовываться как на внутренней расточке (осевом канале), так и на поверхности вследствие усталости или малоцикловой (термической) усталости. При вращении колеблющего вала в нем возникают изгибные напряжения, достигающие максимальных значений на его поверхности. Особенно значительны они в местах концентрации напряжений, т.е. в местах изменений диаметров сечений, геометрии ободов дисков, тепловых и шпоночных канавок и т.д. При многократном повторении пусков и остановов турбины в роторе возникают трещины малоцикловой (термической) усталости.

Высокие температурные напряжения в сочетании с напряжениями от центробежных сил могут привести к недопустимому возрастанию напряжений в осевом канале ротора и его внезапному разрушению.

Трещины термической усталости обычно возникают в тех местах турбины, где температура достигает максимальных значений в поверхностных зонах с резкими переходами, надрезами, галтелями и т.д. Как правило, это область первой ступени ЦВД и ЦСД, а также зона уплотнений первой диафрагмы или ближайшего отсека конечного уплотнения, тепловые (компенсационные) канавки, галтель между диском первой ступени и валом (рис. 3).

К повреждениям роторов может приводить повышенный уровень вибрации их. Так, вследствие вибрации в металле нередко развиваются трещины усталости. Как правило, местами зарождения трещин являются разгрузочные отверстия (рис.4а), галтели (рис.4б), кромки заклепочных отверстий (рис.4в) и продольных шпоночных пазов (рис.4г), а так же в царапинах и рисках (рис.4а, б).

Особенно опасным местом диска является его обод с лопаточным пазом (рис.5), в котором выполнены скругления малого радиуса (концентраторы повышенных напряжений).

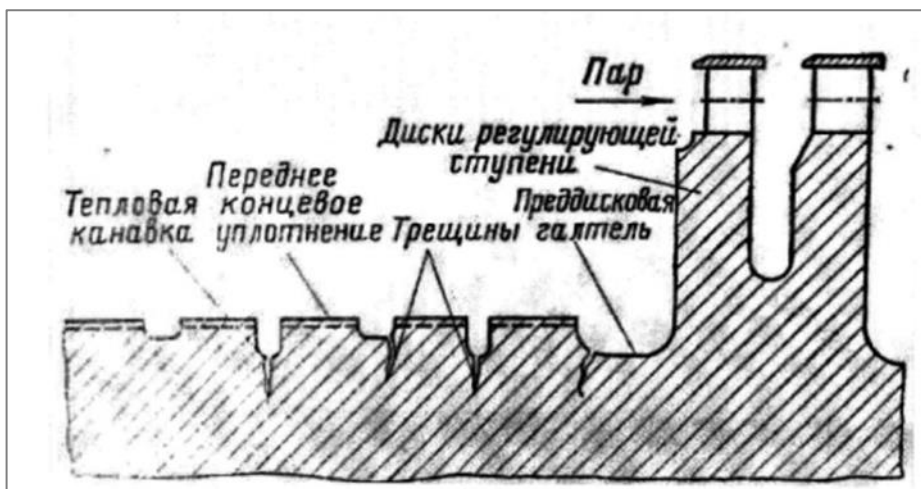


Рис. 3. Места возникновения трещин на наружной поверхности ротора турбины.

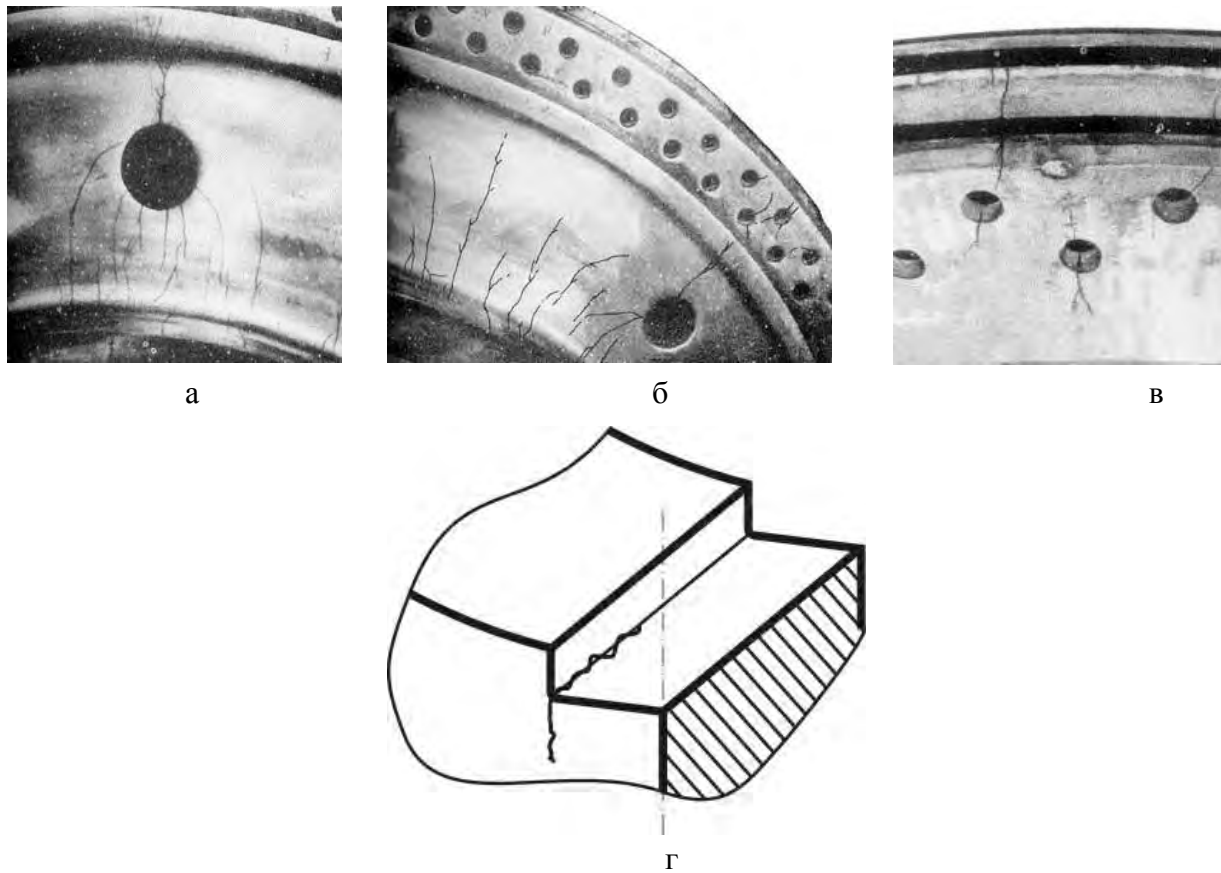


Рис.4. Усталостные трещины насадных дисков.

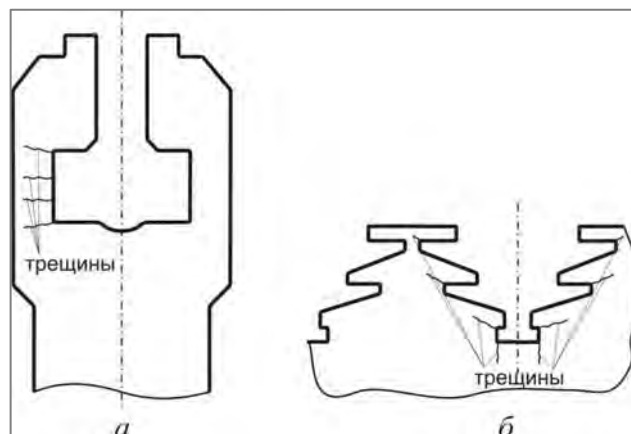


Рис. 5. Трещины в пазах обода диска а) Т-образный паз с заплечиками, б) елочный паз с торцевой заводкой.

Повреждения рабочих лопаток могут быть вызваны следующими причинами:

- заниженная толщина выходных кромок,
- увеличенный диаметр отверстий под демпферную проволоку,

- уменьшенные по сравнению с чертежными радиусы переходных галтелей,

Отклонением геометрических размеров лопаток от чертежных способствуют росту эксплуатационных напряжений, что приводит к зарождению

и развитию усталостных трещин.

Наиболее распространенный вид повреждений – поломка лопаток из-за вибрации, часто не зависящая от причины зарождения трещины. Она может быть вызвана рядом причин:

- неудовлетворительной отстройкой ступени,
- изменением частотных характеристик из-за нарушения бандажных связей,
- скоплением большого количества отложений, изменяющих собственные частоты лопаточного аппарата и способствующих заземлению бандажной проволоки.;
- повышенной вибрацией валопровода;
- пониженной частотой сети, нарушающей выполненную отстройку;
- нарушением работы турбины при прохождении через критические частоты при повышенной неуравновешенности валопровода;
- пусками, остановами и эксплуатацией при ухудшенном вакууме.

Коррозионно-усталостные повреждения характерны в основном для лопаток, работающих в зоне фазового перехода (рис.9).



Рис. 9. Коррозионно-усталостные повреждения лопаток, работающих в зоне фазового перехода.

Повреждения хвостовиков чаще всего связаны с неплотной сборкой ступени (рис.10), реже – с дефектами конструкции. В обоих случаях излом имеет усталостный характер.

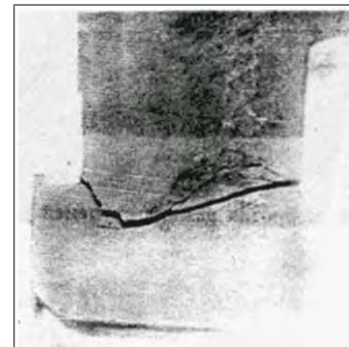


Рис. 10. Повреждение хвостовика рабочей лопатки из-за неплотной сборки ступени.

Для ступеней, работающих в зоне фазового перехода и во влажном паре, образование трещин в хвостовике при повышенной агрессивности среды может происходить по механизмам коррозионной усталости, при недостаточном конструктивном запасе прочности – коррозионного растрескивания под напряжением.

Основные причины разрушения крепежа:

- не соответствующие рекомендуемым механические свойства металла;
- превышение уровня начального затяга шпилек.

Трещины в шпильках формируются в основном в районе 2-5 витков, отстоящих от гладкой части шпильки.

Методы неразрушающего контроля классифицируют по следующим признакам:

- характеру взаимодействия физических полей или веществ с контролируемым объектом;
- первичным информативным параметрам;
- способам получения первичной информации;
- способам представления окончательной информации.

Основные виды неразрушающего контроля, применяемые для контроля основного энергетического оборудования ТЭС:

Магнитный метод неразрушающего контроля основан на регистрации магнитных полей рассеяния дефектов или магнитных свойств контролируемого объекта. Его



применяют для выявления трещин на поверхности объектов контроля из ферромагнитных материалов.

Акустический метод неразрушающего контроля основан на регистрации параметров упругих колебаний, возбужденных в контролируемом объекте. Этот вид контроля применим ко всем материалам, достаточно хорошо проводящим акустические волны: металлам, пластмассам, керамике, бетону и т.д.

Ультразвуковой метод контроля, который наряду с дефектоскопией позволяет обнаруживать неоднородности структуры, нашел наибольшее распространение при техническом диагностировании. Применяется в основном для контроля сварных соединений, крепежа, качества наружных и внутренних поверхностей элементов трубопроводов, а так же сплошности металла элементов энергооборудования.

Капиллярный контроль (контроль проникающими веществами) основан на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов и регистрации индикаторного рисунка (цветного, люминесцентного, контрастного). Применяют для обнаружения невидимых и слабовидимых невооруженным глазом поверхностных дефектов.

Вихретоковый метод неразрушающего контроля основан на регистрации

изменения взаимодействия собственного электромагнитного поля катушки с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых этой катушкой в контролируемом объекте. Вихретоковый метод неразрушающего контроля в различных вариантах применяют с целью обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов сплошности, электро-проводящих материалов.

При выборе методов неразрушающего контроля конкретных элементов оборудования необходимо учитывать следующие основные факторы: характер (вид) возможных дефектов и их расположение; возможности методов контроля; формы и размеры контролируемых элементов; материалы, из которых изготовлены контролируемые элементы; состояние контролируемых поверхностей. Следует отметить, что ни один из методов не является универсальным и не может удовлетворить в полном объеме требования практики. Наибольшая эффективность результатов неразрушающего контроля обеспечивается комплексным подходом к его организации – проведением контроля двумя и более методами с применением средств контроля высокого технического уровня.

Основные методы контроля элементов паровых турбин и методические указания по их реализации представлены в таблице 1.

Табл. 1. Основные методы контроля элементов паровых турбин.

№	Контролируемые зоны	Метод (вид) контроля, нормативный документ, методика
<i>Литые корпусные детали паровых турбин</i>		
1	Радиусные переходы; фланцевые разъемы и шпилечные отверстия, углы расточек под диафрагмы и обоймы, улитки паровпуска и выхлопа, дренажные отверстия и зоны патрубков отборов	МПД СО 153-34.17.440-2003 ГОСТ 21105-87 РД-13-05-2006
<i>Арматура</i>		
2	Наружная поверхность в местах радиусных переходов	МПД СО 153-34.17.440-2003 ГОСТ 21105-87 РД-13-05-2006
3	<i>Крепеж</i>	



№	Контролируемые зоны	Метод (вид) контроля, нормативный документ, методика
	Резьбовая часть, места схода резьбы	УЗК Возможность контроля без выворачивания шпилек из арматуры и корпусов турбин РД 34.17.415-96
<i>Цельнокованные роторы паровых турбин высокого и среднего давления</i>		
4	Обода, гребни, разгрузочные отверстия, отверстия полумуфта, галтели дисков, тепловые канавки, осевой канал	МПД (ЦД), УЗК, ВТК ГОСТ 21105-87 РД-13-05-2006 ГОСТ 18442-80 СО 153-34.17.440-2003 РД 34.17.450-98 «Вихретоковый контроль металла в энергетике» (Б.И. Волков, П.Н. Шкатов. – Челябинск: Цицеро, 2013г.).
№	Контролируемые зоны	Метод (вид) контроля, нормативный документ, методика
<i>Насадные диски</i>		
5	Обода, гребни, разгрузочные отверстия, кромки заклепочных отверстий, продольные шпоночные пазы, галтели и ступичная часть.	МПД, УЗК ГОСТ 21105-87 РД-13-05-2006 ГОСТ 18442-80 СО 153-34.17.440-2003 РД 34.17.450-98
<i>Рабочие лопатки</i>		
6	Паровходные и выходные кромки, прикорневая зона, хвостовики, кромки отверстий под демпферную проволоку.	МПД (ЦД), УЗК, ВТК РД 34.17.449-97 РД 34.17.453-98 РД 34.30.507-92

Условные обозначения:

МПД – Магнитопорошковая дефектоскопия

ЦД – Цветная дефектоскопия

УЗК – Ультразвуковой контроль

ВТК – Вихретоковый контроль



Литература

1. «Вихретоковый контроль металла в энергетике» (Б.И. Волков, П.Н. Шкатов. – Челябинск: Цицеро, 2013г.).
2. СО 153-34.17.440-2003 «Инструкция по продлению срока эксплуатации паровых турбин сверх паркового ресурса» (Москва ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2008).
3. ГОСТ 21105-87 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод» (Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления, 1987).
4. РД-13-05-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения магнитопорошкового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах». (НТЦ «Промышленная безопасность», 2007).
5. РД 34.17.449-97 «Методика вихретокового контроля лопаток паровых турбин тепловых электрических станций дефектоскопом "Зонд ВД-96"». (ВТИ, 1998).
6. РД 34.17.453-98 «Инструкция по ультразвуковому контролю металла лопаток паровых турбин». (ВТИ, 1998).
7. РД 34.30.507-92 «Методические указания по предотвращению коррозионных повреждений дисков и лопаточного аппарата паровых турбин в зоне фазового перехода». (Ротапринт ВТИ, 1993).
8. РД 34.17.450-98 «Методические указания по ультразвуковому контролю без разлопачивания обода диска в районе верхних концентраторов Т-образного паза». (ВТИ, 1999).
9. РД 34.17.415-96 «Инструкция по проведению ультразвукового контроля крепежа энергооборудования». (СПО ОРГРЭС, 1998).
10. ГОСТ 18442-80 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования». (Издательство стандартов, 1981).



ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ МАТЕРИАЛА И СОЕДИНЕНИЙ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

УДК 69

Высоких Р.В	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Равинский И.Д.	Эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Блатов А.А.	Зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Хохлов В.Г.	Эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Титов С.А.	Эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»

29.10.2015

Аннотация. В статье изложена методика определения расчетных сопротивлений материала, сварных и болтовых соединений стальных конструкций при проведении экспертизы промышленной безопасности на химически опасных производственных объектах.

Ключевые слова: промышленная безопасность, обследование стальных конструкций, расчетное сопротивление, сварные соединения, болтовые соединения.

Оценка качества стали, является одним из этапов обследования зданий при проведении экспертизы промышленной безопасности на химически опасных производственных объектах и включает в себя определение химического состава и прочности стали.

Знание химического состава позволит качественно оценить склонность стали к хрупкому разрушению и дать оценку ее свариваемости. Для конструкций, эксплуатируемых при пониженных температурах, в которых при

обследовании обнаружены трещины, необходимо выполнить испытания по определению ударной вязкости.

Продолжают эксплуатироваться здания и металлические конструкции, построенные с середины IX века. Для расчета этих зданий и сооружений на прочность и устойчивость, необходимо знать расчетные сопротивления стали, заложенные при их проектировании.

Поэтому, будет полезно познакомиться с наиболее распространенными материалами,

применявшимися для металлических конструкций в разные годы.

В России для литого железа установлено допускаемое напряжение 1000 кг/см^2 (табл. 1). При этом временное сопротивление должно быть не менее 33 кг/мм^2 (толщина 4-20 мм, относительное удлинение не менее 20%). До 1935 года величину предела текучести не определяли.

В 1932 г. были введены первые общесоюзные нормативные документы. В соответствии с ОСТ 2897 для наиболее распространенной марки стали Ст3 временное сопротивление находилось в пределах $38...45 \text{ кг/мм}^2$, а предел текучести должен быть не менее 22 кг/мм^2 . Среднее значение предела текучести составило 24 кг/мм^2 , коэффициент запаса принимали равным 1,7, а допускаемое напряжение 14 кг/мм^2 .

Табл. 1

Год	Материал	G(кг/см ²)
Конец 19 века	Литое железо	1000
1915	Литое железо	1200
1928	Ст3	1200
1930	Ст3	1400
1931	Ст3	1400
1934	Ст3	1400
1942	Ст3	1600
1946	Ст3	1600

В тридцатые и сороковые годы прошлого века достаточно широко применялась Ст3 пониж., имевшая отступления от требований к Ст3 в меньшую сторону по удлинению. Такую сталь приравнивали к Ст2 и принимали допустимое напряжение 12 кг/мм^2 .

В 1942 г. коэффициент запаса был снижен до 1,5 (по отношению к пределу текучести 24 кг/мм^2) и для Ст3 принято

допустимое напряжение 1600 кг/см^2 . В Нормах и технических условиях 1946 года НиТУ 1-46 величина допускаемого напряжения для Ст3 также была принята равной 1600 кг/см^2 .

В первых нормах НиТУ основанных на методе расчета по предельным состояниям для Ст3 принято расчетное сопротивление $R=2100 \text{ кг/см}^2$.

В нормах проектирования стальных конструкций СНиП-В.3-62 и СНиП II-В.3-72 величина расчетного сопротивления для Ст3 для толщины до 30 мм осталась 2100 кг/см^2 .

В СНиП II-23-81 «Стальные конструкции» (п. 3 и прил. 1) расчетные сопротивления были увеличены и более дифференцированы.

Важнейшей характеристикой прочности стали, необходимой для выполнения проверочных расчетов, является расчетное сопротивление R_y . При наличии чертежей КМ, КМД и сертификатов на сталь величину R_y для конструкций, запроектированных после 1955 г., можно принять в соответствии с нормами, действовавшими на момент проектирования. Так для стали Ст3 в период с 1956 г. по 1982 г. $R_y = 2100 \text{ кг/см}^2$ (для толщины 30-40 мм $R_y=1900 \text{ кг/см}^2$, а выше 40 мм $R_y=1700 \text{ кг/см}^2$). При отсутствии документации для такой стали, не проводя испытаний, можно принять минимальное значение $R_y = 1650 \text{ кг/см}^2$.

Во всех остальных случаях расчетное сопротивление стали следует определять по результатам испытаний образцов, вырезанных из конструкций. Количество образцов, вырезанных из однотипных элементов (пояса ферм, решетка ферм, пояса подкрановых балок и т.д.) одного вида проката (по номерам профилей, толщинам листа), должно быть не менее 10.

Расчетное сопротивление стали определяют делением нормативного сопротивления R_n (предела текучести

R_{yn} , или временного сопротивления R_{yn}) на коэффициент надежности по материалу γ_n .

Стали, применявшиеся до 1932 г. т.е. до срока введения первых общесоюзных нормативных документов, имели большой разброс свойств, поэтому для них коэффициент надежности по материалу следует принимать $\gamma_n = 1,2$.

После введения ОСТа на стали однородность металлопроката улучшилась, и для конструкций, изготовленных в период 1933—1982 гг., значение коэффициента γ_n можно снизить. Так для сталей с пределом текучести $G_y < 3800 \text{ кг/см}^2$ коэффициент $\gamma_n = 1,1$.

Для зданий, построенных после 1982 г. и запроектированных по СНиП 11-23-81, коэффициент надежности по материалу следует принимать в соответствии с действующими нормами.

Нормативное сопротивление стали R_n по результатам испытаний определяют по формуле $R_n = G_n - \alpha S$, где

$$G_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G_i \quad - \text{среднее}$$

арифметическое значение предела текучести или временного сопротивления испытанных образцов;

$$\alpha = 1,65 + \frac{0,91}{\sqrt{n}} + \frac{1,5}{n} \quad -$$

коэффициент учитывающий объем выборки;

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (G_i - G_n)^2} \quad - \text{среднее}$$

квадратическое отклонение результатов испытаний;

G_i - предел текучести или временное сопротивление i -го образца;

n - число испытанных образцов.

Исследования показали, что прочность стали снижается в результате коррозионных повреждений. Поэтому для элементов конструкций, имеющих коррозионный износ с потерей более 25% площади поперечного сечения или остаточную после коррозии толщину 5

мм и менее расчетные сопротивления следует снижать, умножая их на коэффициент γ_d . Этот коэффициент в зависимости от степени агрессивности среды принимаем равным:

- 0,95 для слабоагрессивной;
- 0,9 для средне агрессивной;
- 0,85 для сильно агрессивной

среды.

Расчетные сопротивления сварных соединений обследуемых конструкций следует назначать с учетом марки стали, сварочных материалов, видов сварки, положения шва и способов контроля примененных в конструкции. При отсутствии установленных нормами необходимых данных допускается принять для угловых швов:

- по металлу шва - $R_{wf} = 0,55 R_{wun} / \gamma_{wm} * \gamma_c$;
- по металлу границы сплавления - $R_{wz} = 0,45 R_{un} * \gamma_c$, приняв $R_{wun} = R_{un}$, $\gamma_{wn} = 1,25$, $\gamma_c = 0,8$ и $\beta_f = 0,7$, $\beta_z = 1,0$.

Для растянутых стыковых швов при условии возможности применения электродов с тонкой обмазкой $R_{wy} = 0,65 R_y$. Это расчетное сопротивление можно принять для конструкций, построенных в 30-50 - х годах. Для конструкций, построенных в 60-е годы и позже, $R_{wy} = 0,85 R_y$.

Расчетное сопротивление болтов принимают в соответствии с их классом прочности. Если невозможно установить класс прочности болтов, значение расчетных сопротивлений следует принимать как для болтов класса прочности 4.6 при расчете на срез и класса прочности 4.8 при расчете на растяжение.

В конструкциях зданий, построенных в начале 20в до 40-х годов в основном применялись заклепочные соединения. Если в исполнительной документации отсутствуют указания о способе обработки отверстий и материале заклепок, расчетное сопротивление следует принимать как на



заклепках группы С из Ст2:на срез $R_{rp}=1,7R_y$, где R_y расчетное
 $R_{ts}=1600$ кг/см²; растяжение (отрыв сопротивление металла соединяемых
головки) $R_{rt}=1200$ кг/см²; смятие элементов.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга.
3. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81.
4. СНиП II-23-81 Стальные конструкции.
5. СНиП II-В.3.-72 Стальные конструкции.
6. СНиП II-В.3.-62 Стальные конструкции.
7. Справочник инженера-конструктора. Архитектурно-планировочное управление г. Москвы. Институт «Моспроект». Технический отдел. Москва 1960г.
8. Руководство по обследованию сварных стальных конструкций, выполненных из кипящей углеродистой стали, и разработке мероприятий, предупреждающих их хрупкое разрушение, разработано в соответствии с техническими условиями на проектирование стальных конструкций ниту-1-46, ниту-121-55, ту-104-53.



РАСЧЕТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО ПАКЕТА ANSYS

Березина А.И.	Начальник отдела экспертизы технических устройств Уральского филиала «Промтехэкспертиза»
Новикова В.Ю.	Эксперт отдела экспертизы технических устройств Уральского филиала «Промтехэкспертиза»
Языков А.А.	Начальник лаборатории неразрушающего контроля Уральского филиала «Промтехэкспертиза»
Терёшин Д.А.	Специалисты ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ)
Шакиров А.А.	

29.10.2015

В настоящее время тепломеханическое оборудование ТЭС, введенное в эксплуатацию в 1960-80-е годы прошлого столетия, в большинстве случаев исчерпало свой парковый ресурс. Текущий срок эксплуатации большинства технических устройств составляет 250-350 и более тысяч часов. Сроки безопасной эксплуатации высокотемпературных трубных систем ТЭС (перепускных труб пароперегревателей, станционных трубопроводов, транспортирующих перегретый пар), работающих в условиях ползучести, определяются, в том числе, образованием и ростом пор ползучести в отводах (гибах), которые в итоге трансформируются в трещины и приводят к разрушению трубопровода (рис. 1). Кроме того, при ползучести происходит перераспределение напряжений, которое является особенно существенным в местах геометрических концентраторов (гибы, тройники и т.д.) и в зонах с неоднородным распределением свойств материала (сварные швы). Как правило, повреждения в отводах намного более опасны, чем в сварных соединениях или тройниках, т.к.

приводят к большой протяженности зоны разрушения.

Порядок, сроки и объемы контроля состояния металла высокотемпературных трубопроводов и оценка их технического состояния определены рядом нормативных актов [1-7].

Работа по продлению ресурса высокотемпературных станционных трубопроводов, работающих в условиях ползучести, включает:

- визуальную инспекцию трубопровода и его опорно-подвесной системы;
- контроль за накоплением остаточной деформации ползучести прямых участков гибов и труб;
- неразрушающий контроль, включающий в себя ультразвуковой контроль, магнитопорошковую дефектоскопию, контроль овальности гибов, замеры толщины стенки элементов, исследование микроструктуры и микроповрежденности металла отводов, сварных соединений и прямых участков трубопроводов на репликах;
- оценка остаточного ресурса трубопровода на основе анализа

напряженно-деформированного состояния всего трубопровода в целом и его элементов с учетом уточненных характеристик металла, овальности, измеренных толщин стенок и эксплуатационных факторов нагружения.

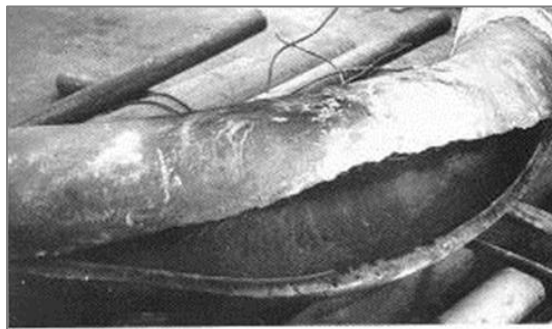
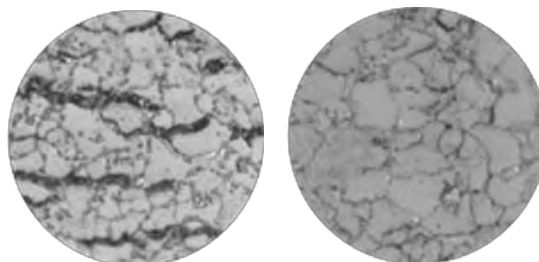


Рис. 1. Разрушениегиба паропровода 273x32мм, сталь 12Х1МФ, $T=560^{\circ}\text{C}$, $p=14\text{МПа}$, $\tau_{\text{ф}} = 90$ тыс. часов эксплуатации.

В условиях длительной эксплуатации оборудования наиболее эффективным методом оценки поврежденности гибов является исследование микроповрежденности металла на репликах. Согласно действующей нормативной документации [7], реплики выполняются на наружной поверхности растянутой зоныгиба в трех точках (в вершинегиба и на переходах на прямые участки). При этом микропоры образуются в зоне наибольших эквивалентных напряжений, определяемых совокупностью действующих общих и местных мембранных и изгибных напряжений от действия внутреннего давления, весовых нагрузок и температурного расширения трубопровода. Этот фактор может приводить к существенному отличию поврежденности однотипных гибов одного и того же паропровода (рис. 2)



X500

А)

Б)

Рис. 2. Микроструктура гибов $\text{Ø}273 \times 32\text{мм}$, сталь 12Х1МФ трансферного паропровода 1 секции Челябинской ТЭЦ-2. $T=550^{\circ}\text{C}$, $p=13\text{МПа}$, $\tau_{\text{ф}} = 280$ тыс. часов.
а – гиб1 - макротрещины;
б – гиб2 -единичные поры ползучести.

Методика поверочного расчета трубопроводов пара и горячей воды на прочность, описанная в РД 10-249-98 и реализованная во наиболее известных программах расчета («РАМПА», «СТАРТ» и др.), не позволяет определить зону концентрации напряжений в каждом конкретном гibe. Кроме того, учет процесса ползучести металла высокотемпературных трубопроводов производится методом «фиктивных температур». В его основе лежит предположение о том, что с течением времени в металле накапливаются деформации, приводящие к снижению (релаксации) напряжений. Релаксация вводится путем задания при расчетах не истинной T_n , а фиктивной $T_{p.ф.}$, искусственно заниженной коэффициентом усреднения компенсационных напряжений κ , температуры паропровода $T_{p.ф.} = 0,5 \cdot \kappa \cdot T_n$. Данный метод не учитывает срок работы материала паропровода, возможное изменение напряженного состояния в результате наличия концентраторов напряжений и т.д.

Филиалом «Уральский» ООО «Промтехэкспертиза» совместно со

специалистами кафедры «Прикладная механика, динамика и прочность машин» Южно-Уральского государственного университета проведена работа по созданию программного модуля для расчета паропроводов электростанций с учетом ползучести материала и конструктивных особенностей элементов на основе широко применяемого конечно-элементного пакета ANSYS.

Созданный программный модуль позволяет рассчитать высокотемпературный трубопровод в целом, с определением реакций промежуточных подвесок и опор в рабочем и холодном состояниях трубопровода с прямым учетом ползучести материала. После чего возможен расчет гибов трубопроводов как твердотельной модели отдельно от трубопровода в целом. При этом на подмодель (твердотельную модель гива) действуют реальные нагрузки, а граничные условия на границе, отделяющей подмодель от остальной части конструкции задаются согласно результатам расчета всей конструкции на первом этапе.

Рассмотрим основные этапы работы программного модуля.

1. Задание свойств ползучести материала в программном модуле.

Типичная зависимость деформации от времени при ползучести материала показана на рис. 3. Эта зависимость условно делится на три стадии: этап неустановившейся (затухающей) и установившейся (квазиравномерной) ползучести (I и II соответственно), а также III этап - ускоренной ползучести (предразрушения).

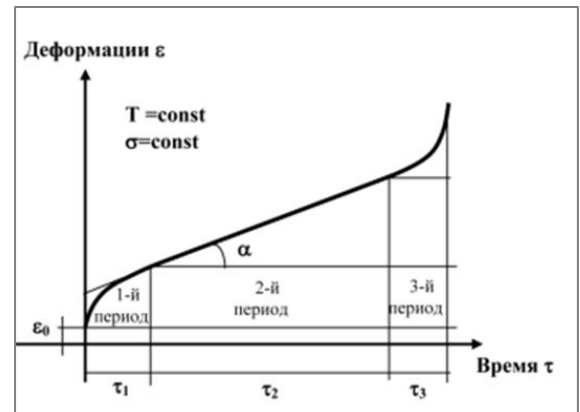


Рис. 3. Кривая ползучести материала.

Стадия неустановившейся ползучести ограничивается, как правило, десятком тысяч часов работы устройства (1-2 года эксплуатации). В условиях действия постоянной температуры среды в паропроводе и длительности работы более 100 тыс. часов, оценка долговечности материала производится по установившемуся режиму ползучести. Для моделирования процесса ползучести в расчетах была принята модель ползучести Нортона, которая определяет скорость деформации $\dot{\epsilon}$ как степенную функцию напряжения:

$$\dot{\epsilon}(\sigma, T) = K(T) \cdot \sigma^{n(T)}; \quad (1)$$

где T – температура материала; σ – напряжения в материале; $K(T), n(T)$ – коэффициенты, зависящие от температуры. В программе ANSYS данная зависимость используется в несколько иной, форме:

$$\dot{\epsilon}(\sigma, T) = C_0 \sigma^{C_1} e^{\frac{-c_2}{T+273}}; \quad (2)$$

Константы C_i , определяющие модель материала в форме (2), определяются методом минимизации невязки по скорости ползучести между законом (2) и справочными данными. Для проверки корректности найденных коэффициентов C_i скорость ползучести, определенная по закону ползучести Нортона в форме (2), сравнивалась со скоростью ползучести,

вычисленной по формуле (1); коэффициенты последней получены непосредственно по интерполяции экспериментальных данных. Например, параметры C_i , позволяющие наиболее корректно описать ползучесть стали 12Х1МФ в диапазоне $550 - 580 \text{ }^\circ\text{C}$, для напряжений 75-120 МПа, оказались следующими: $C_0 = 7,2 \cdot 10^{-36}$ ед./с, $C_1 = 5$, $C_2 = 2,849 \cdot 10^4 \text{K}$ (все значения указаны в системе СИ).

2. Разработка общей модели паропровода.

Система трубопровода состоит из труб, отводов, запорной арматуры, пружинных и жестких подвесок, катковых опор и опор скольжения.

Для моделирования труб использовался элемент Pipe289, так как он обладает следующими преимуществами: наличие промежуточного и ориентационного узлов, что позволяет более точно моделировать искривленность; позволяет моделировать работу толстостенных труб, учитывать ползучесть; позволяет уменьшить объем вычислений и время расчёта по сравнению с элементами типа Solid или Shell.

Для моделирования запорной арматуры трубопроводов были выбраны 2 типа элементов: элемент кинематической связи MPC184, который работает как абсолютно жесткая балка; элемент Mass21 для приложения силы веса вентиля.

Для моделирования подвесок использовался элемент типа Link, при этом принимается, что увеличение их длины будет вызываться растяжением, а не сжатием упругого элемента. Жесткие подвески моделировались путем запрещения перемещений по вертикальной оси.

Для моделирования катковых и скользящих опор использовался элемент Contac52 с соответствующими настройками для каждого типа опор.

Для облегчения моделирования геометрии были созданы несколько макросов – команд, ранее прописанных в специальных файлах. Макросы были созданы для моделирования геометрии трубопровода, для создания моделей пружинных подвесок паропровода, для создания моделей катковых опор и опор трения с регулируемым зазором. Использование макросов позволило существенно сократить время разработки общей модели трубопровода.

Расчет ползучести общей модели паропровода проводится в несколько этапов:

1. Определение величины предварительных усилий в опорах паропровода.
2. Приложение предварительных усилий к опорам паропровода.
3. Расчет ползучести по заданному количеству часов наработки.
4. Поиск опасного участка паропровода по картине распределения напряжений.
5. Перерасчет ползучести паропровода с целью получения более точных данных для перехода на расчет твердотельной модели гiba.

Результатом этапа 5 является таблица истории изменения перемещений или усилий в точках, отвечающих границе подмодели.

3. Создание твердотельной модели гiba.

Гибы паропроводов отличаются сложной геометрией поперечного сечения, являющейся индивидуальной для каждого гiba (рис.4). В созданной твердотельной модели возможен учет всех геометрических характеристик гiba.

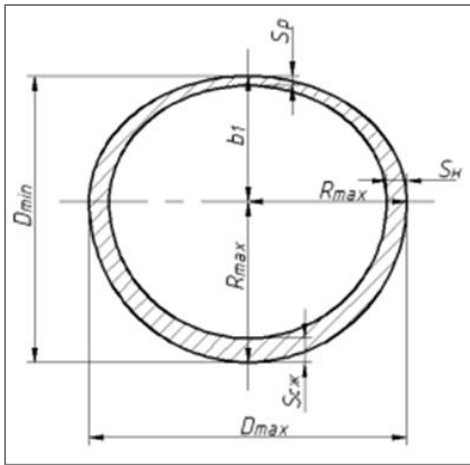


Рис. 4. Схема сечениягиба паропровода

Построение подмоделигиба выполнено в полярной системе координат с осями XYZ. Схемагиба, изогнутого на 90°(конфигурация и угол

гиба может быть произвольным) изображена на рисунке 5.

При работе с программным модулем, пользователь выбирает элементы сетки общей модели трубопровода, соответствующие концамгиба задаёт параметры сечений, после чего гиб автоматически строится и располагается таким образом, что сечения N4 и N5 совпадают с "дальними" концами выбранных элементов. На твердотельной модели строится регулярная конечно-элементная сетка элементами Solid186, число и размер элементов которой задаются пользователем. После создания подмоделигиба элементы общей модели трубопровода (pipe) удаляются.

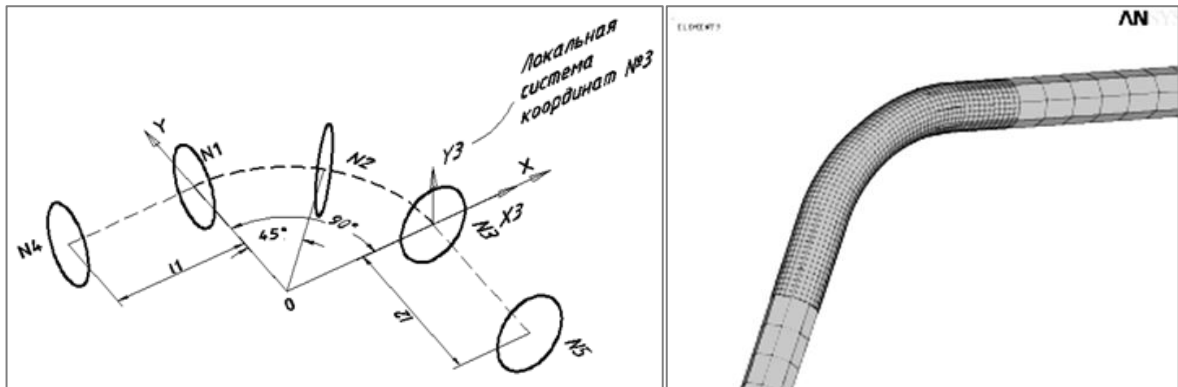


Рис. 5. Пример построения конечно-элементной моделигиба.

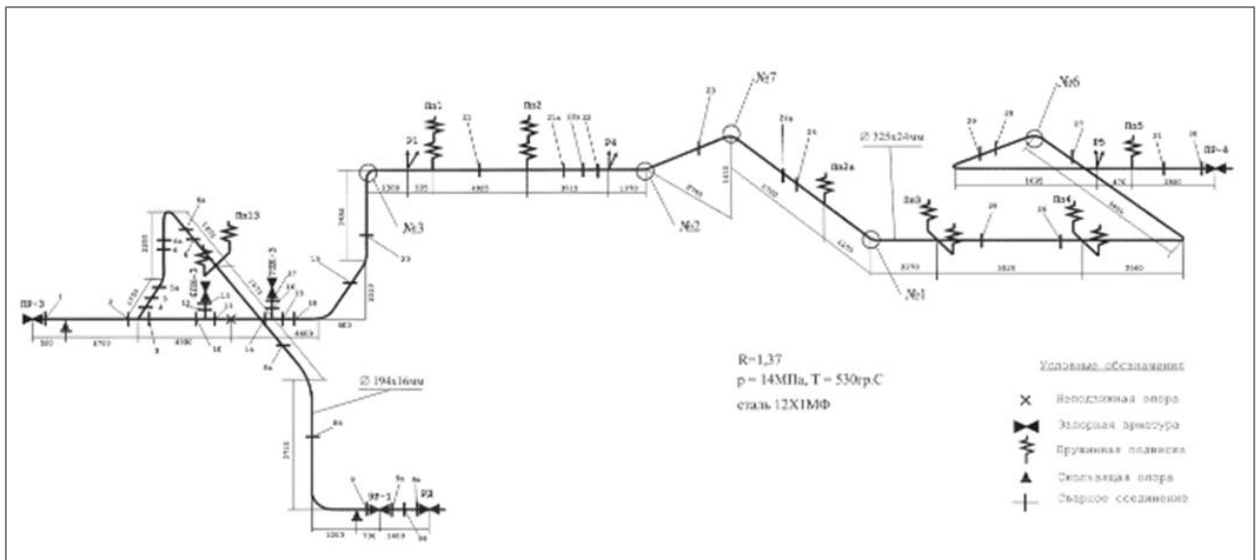


Рис. 6. Схема паропровода 2-ой секции поперечной связи Северодвинской ТЭЦ-1.

В качестве примера приведены результаты расчета общей модели паропровода 2-ой секции поперечной связи Северодвинской ТЭЦ-1. Рабочие параметры среды 14МПа, 530⁰С. Время эксплуатации – 250 тыс. часов. Характеристика примененных труб Ø325x24мм, Ø194x16мм, сталь 12Х1МФ. Схема расстановки опор паропровода представлена на рисунке 6. Результаты расчета показали, что паропровод имеет несколько примерно одинаково нагруженных гибов (№1, 2, 6 на рис. 6). Причем уровень напряжений в гibaх, определенный для общей модели, не превышает 52,5МПа.

Для указанных гибов был проведен расчет методом подмоделирования. По результатам расчета наиболее нагруженным оказался гиб №2. Максимальные расчетные напряжения при этом составили 71,6 МПа. Они достигались на наружной поверхности растянутой зоны гiba (см. рис.7). На внутренней поверхности нейтрали напряжения не превышали 70,7МПа. Максимальные напряжения на остальных рассчитанных гibaх оказались в диапазоне 68,4 – 71,4МПа.

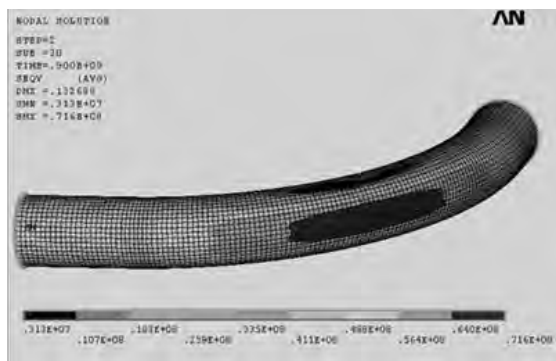


Рис. 7. Подмодель гiba №2.

Расчеты перепускных труб турбины, имеющих меньшую протяженность, и, следовательно, меньшие компенсационные способности, показывают, что расположение концентраторов напряжений в гibaх возможно не только на наружной поверхности растянутой зоны гiba и на внутренней поверхности нейтрали, но и в других зонах гibaх. Поэтому расчет гibaх с помощью метода подмоделирования позволяет корректно определять места взятия реплик при проведении исследования микроповрежденности металла.

Разработанная рабочая версия программного модуля для конечно-элементного пакета ANSYS, позволяет проводить весь цикл расчета паропроводов электростанций, включая моделирование 3D геометрии, нахождение либо задание величины предварительного натяга пружин подвесок, расчет как начального упругого состояния, так и последующей работы конструкции в состоянии ползучести. После выполнения общего расчета трубопровода в целом программный модуль позволяет выполнить уточняющий расчет гibaх трубопровода при детальном описании их геометрии и истории нагружения.

Литература

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 21.07.97г (в редакции 04.03.2013г.).
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности». Приказ Ростехнадзора № 538 от 14.11. 2013г.



3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением». Приказ Ростехнадзора № 116 от 25.03. 2014г.
4. РД 10-577-03 (СО 153-34.17.421-2003) Типовая инструкция по контролю металла и продлению срока службы основных элементов котлов, турбин и трубопроводов тепловых электростанций.
5. СО 153-34.17.470-2003 Инструкция о порядке обследования и продления срока службы паропроводов сверх паркового ресурса.
6. РД 10-249-98 Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды.
7. ОСТ 34-70-690-96 Металл паросилового оборудования электростанций. Методы металлографического анализа в условиях эксплуатации.
8. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций – М.: Наука, 1966г.
9. Нахалов В.А. Регулировка креплений трубопроводов тепловых электростанций. – М.: «Энергия», 1975г.
10. Нахалов В.А. Надежность гибов труб теплоэнергетических установок. – М.: «Энергоатомиздат», 1983г.



ЗАРУБЕЖНЫЕ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ ПО РЕМОНТУ И ЗАЩИТЕ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 69.059

Маринин В.М.

Эксперт в области промышленной безопасности Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

Филяков В.В.

Эксперт в области промышленной безопасности Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

29.10.2015

Ключевые слова: ремонт бетона, европейский стандарт EN 1504, ГОСТ 32016-2012.

В настоящее время защита бетона от коррозии – важнейшая задача при эксплуатации любых объектов. Особенно она актуальна для объектов транспортного строительства (железобетонные опоры и пролетные строения мостов, путепроводов, эстакад), гидротехнических сооружений, а также объектов, эксплуатирующихся в промышленных зонах с высокой степенью загрязненности атмосферы.

Бетон даже наивысшего качества подвергается широкому спектру атмосферных воздействий и воздействий агрессивной окружающей среды, требует периодической защиты и ремонта для гарантии длительного и безаварийного срока службы конструкции.

Причины дефектов и возникновения повреждений конструкций могут быть условно разделены на две группы – технологические и конструкционные.

Технологические:

- неправильный уход за бетоном (возникновение усадочных трещин в поверхностных слоях бетона, снижение его прочности);
- недоуплотнение бетона (возникновение пор и пустот, снижающих прочность бетона, показатели его долговечности и др. свойств) либо чрезмерное

виброуплотнение (расслоение бетонной смеси);

- изначально неправильное, нескорректированное положение опалубки, преждевременное ее снятие (образование наплывов, отклонений положения конструкций и их геометрических размеров, а также положения арматуры от проектных значений);
 - климатические воздействия (значительные перепады температур в бетоне раннего возраста вследствие неравномерного нагрева или охлаждения конструкций обуславливают трещинообразование в поверхностных слоях, что снижает прочность бетона и долговечность конструкций)
- ### **Конструкционные:**
- недостаточная величина защитного слоя бетона (обнажение и коррозионный износ арматуры, снижению несущей способности и долговечности конструкций);
 - несоответствие проектным решениям классов бетона и арматуры;
 - несоответствие проектным решениям количества и диаметров арматуры;
 - отклонение геометрических размеров элементов конструкций от проектных значений;

- наличие воздействий, не предусмотренных при проектировании (непроектное складирование материалов на перекрытиях, температурно-влажностные воздействия и др.).

Наиболее распространенными повреждениями железобетонных изделий в процессе их эксплуатации являются: разрушение поверхностного слоя бетона, бетонного слоя, прилегающего к внутренней металлической арматуре, и коррозия самой арматуры. Эти повреждения приводят к существенному сокращению срока службы любых железобетонных конструкций, поэтому подвергающиеся атмосферным воздействиям конструкции из бетона требуют защиты и ремонта.

Основными факторами, ускоряющими коррозионное разрушение железобетонных конструкций, являются:

- атмосферно-климатические воздействия (осадки, перепады температур, солнечное излучение и др.) вызывающие расширение пор, каверн и микротрещин внутри бетона;
- насыщение бетона углекислым газом (карбонизация);
- воздействие хлоридов и сульфатов, содержащихся в атмосфере.

Есть три типа повреждений железобетонных и бетонных сооружений/изделий. Различаются они по характеру воздействия на несущую способность объекта.

К первой группе относятся относительно мелкие дефекты, наличие которых не может значительно повлиять на прочность конструкции и её долговечность. В данном случае могут понадобиться ремонтные составы для бетона или пропитка для бетона упрочняющая. Такими повреждениями могут считаться:

- трещины до 0,2 мм. Среди них – те, которые являются результатом

усадки и те, для которых при текущих условиях и нагрузке раскрытие не увеличится более чем на 0,1 мм;

- пустоты и раковины – поверхностные;
- сколы материала в отдельных местах, не сопровождающиеся оголением арматуры.

Вторая группа – более серьёзные повреждения, приводящие к снижению долговечности изделия или конструкции. К ним относятся:

- трещины (где раскрытие составляет более 0,3 мм), причинами которых стала временная нагрузка;
- коррозия бетона, как глубинная, так и поверхностная;
- трещины шириной до 0,1 мм, если они образовались на предварительно напряжённых пролётных строениях, в области рабочей арматуры;
- дефекты более 0,2 мм, которые могут стать причиной коррозии;
- также среди повреждений второй группы – сколы и пустоты, повлекшие за собой оголение арматуры.

Третья группа – наиболее серьёзные проявления разрушений. Их отличие в том, что они уменьшают несущую способность здания или конструкции, тем самым снижая срок службы и создавая потенциальную опасность. В данном списке:

- трещины, образовавшиеся наклонно в стенах балок;
- крупные (полные) дефекты защитного слоя опор;
- горизонтальные трещины между пролётными строениями и плитами;
- большие пустоты и раковины, образовавшиеся в бетоне сжатой зоны.

Качественно отремонтировать эти повреждения возможно только привлекая квалифицированных обученных специалистов и используя

специальные ремонтные составы для бетона – сухие ремонтные смеси для разных типов повреждений.

Чтобы выбрать подходящие **ремонтные смеси для бетона**, нужно знать:

- характер повреждений, их причину;
- степень агрессивности окружающей среды для материала и другие данные.

Основным руководством для таких специалистов являются национальные стандарты для ремонта бетона, в которых прописаны все этапы – начиная с обследования элементов, материалов для ремонта и заканчивая эксплуатацией бетонных конструкций.

Впервые такой документ под названием **EN 1504 «Материалы и системы для ремонта и защиты бетонных конструкций»** был опубликован в Европе в 2009 году.

Стандарт EN 1504 устанавливает общие требования к защите и ремонту бетонных и железобетонных конструкций.

Европейский стандарт EN 1504 был реализован и введен в действие членами CEN (национальными органами по стандартизации 28 Европейских стран) с 1 января 2009 г.

Членами CEN являются Национальные органы по стандартизации (NSBs) из 28 стран Европейского Союза, бывшей югославской Республики Македонии и Турции плюс трех странах Европейской ассоциации свободной торговли (Исландия, Норвегия и Швейцария).

Европейский стандарт EN 1504 состоит из 10 частей, для каждой из них предусмотрен отдельный документ. Это обеспечивает источник, который помогает точно определиться инженерам, подрядчикам, а также компаниям – изготовителям материалов. Это даст также владельцу сооружения повышенный уровень доверия, поскольку

впервые все вопросы ремонта и защиты бетона рассматриваются в одном комплексном стандарте.

Некоторые части Европейского стандарта были включены в национальные стандарты стран, не входящих в CEN.

Например, в Республике Беларусь издан документ СТБ EN 1504-2-2009 «Изделия и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций, определения, требования, контроль качества и оценка соответствия» Часть 2. Системы защитных покрытий для бетона». Документ состоит из стандарта EN 1504-2 на языке оригинала – немецком и его перевода на русский язык.

В Российской Федерации принят ГОСТ 32016-2012 «Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Общие требования», введенный в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2014 г.

ГОСТ 32016-2012 распространяется на все конструкции, открытые атмосферным воздействиям, а также подземные и подводные конструкции, как вновь возводимые, так и находящиеся в эксплуатации.

Хотя Россия не является членом CEN, этот документ соответствует стандарту EN 1504 в частях 1 и 9.

По структуре терминологии оба стандарта схожи, однако, имеются некоторые отличия. В российском стандарте добавлены такие определения, как дефект, расчетный срок службы, техническое обслуживание, пассивное состояние, защита, ремонт, срок службы, основание. В европейских нормативах содержится больше терминов и определений, например, примеси, покрытие, гидрофобная пропитка, пропитка, а также в наличии примечания к определениям.

При рассмотрении распространённых причин разрушения конструкций, в соответствии с ГОСТ 32016-2012 и EN 1504-9 можно заметить, что российский и европейский стандарты абсолютно идентичны.

Европейский нормативный документ стандартизует работы по ремонту и обеспечивает базу для выполнения качественного ремонта.

Он предназначен для всех, кто связан с ремонтом бетона.

EN 1504 – результат 15 летней работы европейских специалистов по анализу опыта защиты и эксплуатации железобетонных конструкций. Документ охватывает все вопросы, связанные с ремонтом и защитой бетона.

Успешный ремонт начинается с правильной оценки состояния и идентификации причины повреждения. Все другие этапы процесса ремонта и защиты зависят от этих вопросов.

В документе ENV 1504-9 делается явное ударение на эти вопросы и определяются следующие основные этапы:

- оценка состояний сооружения;
- идентификация причины повреждения;
- определение целей защиты и ремонта совместно с владельцами сооружения;
- выбор методов;
- определение свойств материалов и систем (описанных в EN 1504-2 - 7);
- спецификация требований к техническому обслуживанию после защиты и ремонта.

Общие причины дефектов, включая сочетания причин, должны идентифицироваться и регистрироваться. Многие дефекты происходят из-за неадекватности проекта, спецификации, исполнения и материалов. Общие причины дефектов представлены ниже:

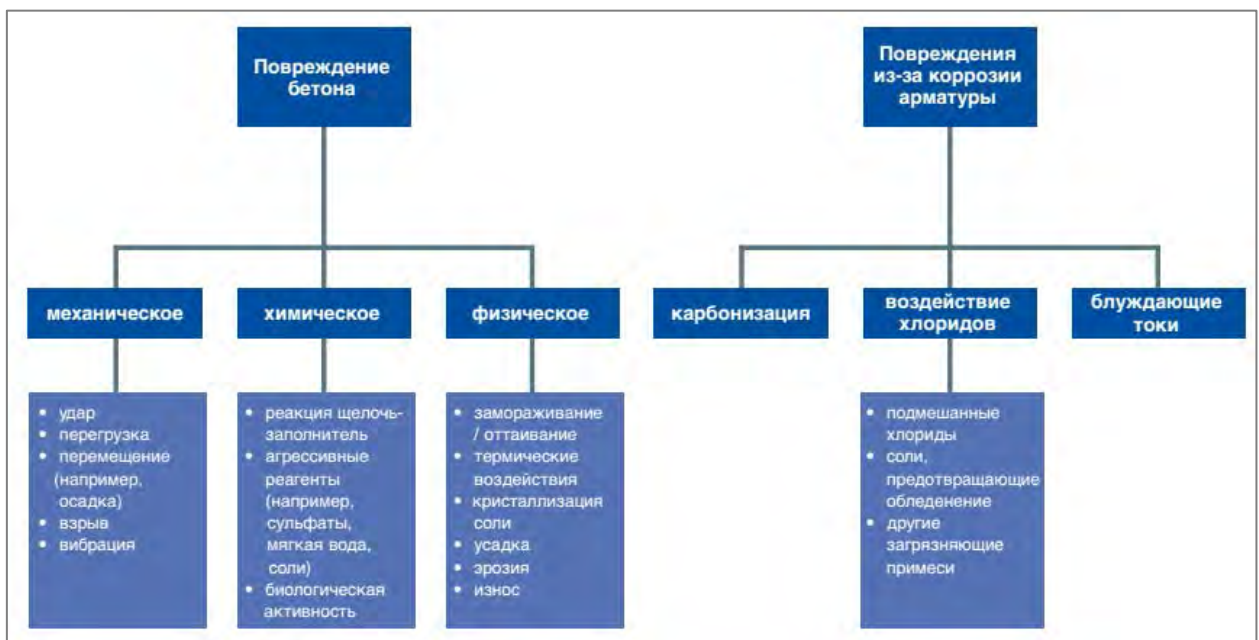


Схема 1. Алгоритм EN 1504.

Алгоритм EN 1504 описывает все стадии работы с железобетонными конструкциями. Выполнение требований этого сложного, но исчерпывающего

документа должно обеспечить высококачественный ремонт.

Еще одним преимуществом работы с этим документом является



возможность сравнения ремонтных и защитных материалов разных производителей на объективной основе – на базе характеристик материалов и методик определения этих характеристик. Так как ведущие европейские производители уже давно начали производить свои материалы в России, а отечественные производители начали постепенно приводить свои материалы в соответствие с европейскими стандартами, то уже сейчас выбор материалов, соответствующих EN 1504, достаточно большой.

Основными химическими концернами (SIKA, BASF, MAPEI) разработаны сухие цементные ремонтные смеси для бетона со специальными добавками, отвечающими за адгезию,

необходимую величину прочности, ускоренное твердение и отсутствие усадки. Наиболее популярными марками являются итальянский состав Mapei, немецкие EMACO, Ceresit, PCI POLYFIX и российский MASTERTOP.

Широкое применение этих передовых методов и стандартов ремонта сдерживается тем, что эти стандарты мало известны среди владельцев сооружений и тем, что стоимость ремонта выше обычного «замазывания раствором». Хотя с учетом срока службы бетонных конструкций после ремонта, работы, выполненные по современным стандартам современными материалами экономически более выгодны владельцам зданий и сооружений из бетона.

Литература

1. Особенности применения российских и европейских стандартов в области ремонта и защиты бетонных конструкций от коррозии.
А.Е. Ходаков, М.В. Точёный, С.В. Беляева, О.Г. Никонова, Л. Пакрастиньш, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29. Рижский технический университет, LV-1658, Латвия, Рига, ул. Калькю, 1. «Строительство уникальных зданий и сооружений». ISSN 2304-6295. 3 (30). 2015. 129-142.
2. СТБ EN 1504-2-2009 «Изделия и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций определения требования, контроль качества и оценка соответствия» Часть 2. Системы защитных покрытий для бетона».
3. ГОСТ 32016-2012 «Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Общие требования». Введён в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2014 г.
4. EN 1504 «Материалы и системы для ремонта и защиты бетонных конструкций» Руководство для специалистов по ремонту бетона.



ПРОБЛЕМЫ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СИЛОСОВ

УДК 69

Голощапова А.	Ведущий инженер отдела ЗиС Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Суров А.	Эксперт отдела ЗиС Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Перепелко С.	Эксперт отдела ЗиС Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Кузьмин П.	Эксперт отдела ЗиС Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Поляков Е.	Эксперт отдела ЗиС Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

29.10.2015

Ключевые слова: цементные силосы, расчет стен железобетонного силоса, цилиндрическая оболочка.

ОАО «Вольскцемент» является градообразующим предприятием города Вольск. Строительные конструкции, оборудование и инфраструктура завода достаточно сильно устарели, как физически, так и морально. В рамках реконструкции и модернизации завода, специалистам ООО «Промтехэкспертиза», филиал «Центральный», было поручено провести комплексное обследование строительных конструкций силосов, выполнение поверочных расчетов для определения необходимости их усиления для дальнейшего восприятия измененных эксплуатационных нагрузок.

Проблема надежности и долговечности железобетонных монолитных силосов кругового очертания, используемых для хранения различных сыпучих материалов, не перестает быть актуальной в связи с известными случаями повреждений стен, износом сооружений, их реконструкцией, проектированием и строительством новых типов силосных корпусов.

Конструкции силосов характерны тем, что на них воздействуют значительные неравномерные нагрузки, связанные с погрузкой и разгрузкой сыпучих масс. Характерные деформации таких сооружений, приводящие к аварийному состоянию, могут проявляться как при строительстве, в период первоначальной загрузки отдельных силосов, так и после длительного срока эксплуатации.

Основными причинами образования дефектов стен силосов являются:

- нарушение технологических требований бетонирования и условий на производство строительных работ (повреждение скользящей опалубки в процессе схватывания бетона, грубые отступления от проектов в части толщины стенок, укладки арматуры, снижение класса бетона, эллипсность при возведении круглых стен, приводящая к возникновению дополнительных изгибающих моментов, податливость сварных соединений смежных колец,

несоосность сборных панелей одного яруса, приводящая к податливости закладных деталей другого, низкая прочность раствора в горизонтальном шве, утолщенный шов, отклонение силосов от вертикали при возведении);

- повреждения, возникающие на стадии эксплуатации (усадочные деформации бетона, перегрузка, неравномерные осадки фундаментов, повышенное давление воздуха при пневматической разгрузке и при засорении выходных отверстий, механическое воздействие сыпучих материалов (в том числе при загрузке) возможно вместе с их температурным воздействием, неравномерное остывание стен по сечению, воздействие агрессивных сред, попеременное увлажнение и высыхание, замораживание и оттаивание, огневое воздействие при пожаре, давление новообразований (солей, льда), коррозия арматуры вследствие нарушения защитного слоя бетона и другие).

В 2011 году специалистами экспертной организации ООО «Промтехэкспертиза», филиал «Центральный» было проведено комплексное обследование силосов ОАО «Вольскцемент», предназначенных для хранения цемента. Данное сооружение состоит из подсилосного этажа, собственно силосов и надсилосного этажа. Каждый силос представляет собой цилиндрическую оболочку из монолитного железобетона внутренним диаметром 11,5 м. высотой 32,2 м. с железобетонными стенками толщиной 240 мм. В процессе обследования стен силосов были обнаружены многочисленные разрушения защитного слоя бетона на глубину от 25 до 100 мм. с оголением, слоистой и сплошной поверхностной коррозией от 5% до 20% сечения профиля рабочей арматуры,

следы течей и замачивания до 10 м². Также были выявлены многочисленные повреждения главных и второстепенных балок перекрытия силоса. Технологическое состояние силосов определено как ограниченно-работоспособное с возможностью перехода в аварийное. Такие повреждения стен вызваны температурно-влажностным воздействием окружающей среды, повреждениями кровельного покрытия, технологической и эксплуатационной нагрузкой, отсутствием своевременных ремонтов и периодического обслуживания, сплошным налетом цементной пыли на конструкциях.

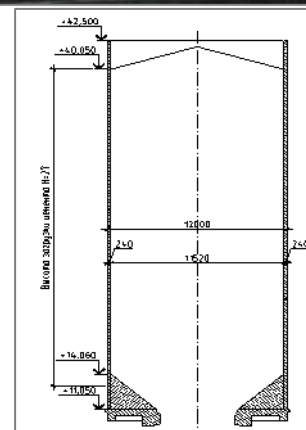


Рис. 1. Общий вид и схема существующего силоса.

Для определения несущей способности стен силоса разработана математическая модель и выполнен комплексный расчет на основное сочетание нагрузок: от собственного веса стен силоса, покрытия, перекрытия и

перехода надсилосного этажа, оборудования (фильтров), цементной пыли, снеговой и ветровой нагрузки, горизонтального и вертикального давления хранимого материала-цемента в

расчетных уровнях. При расчете также учитываются факторы, снижающие несущую способность: неоднородность бетона, температурные воздействия и давление от нагнетаемого воздуха.

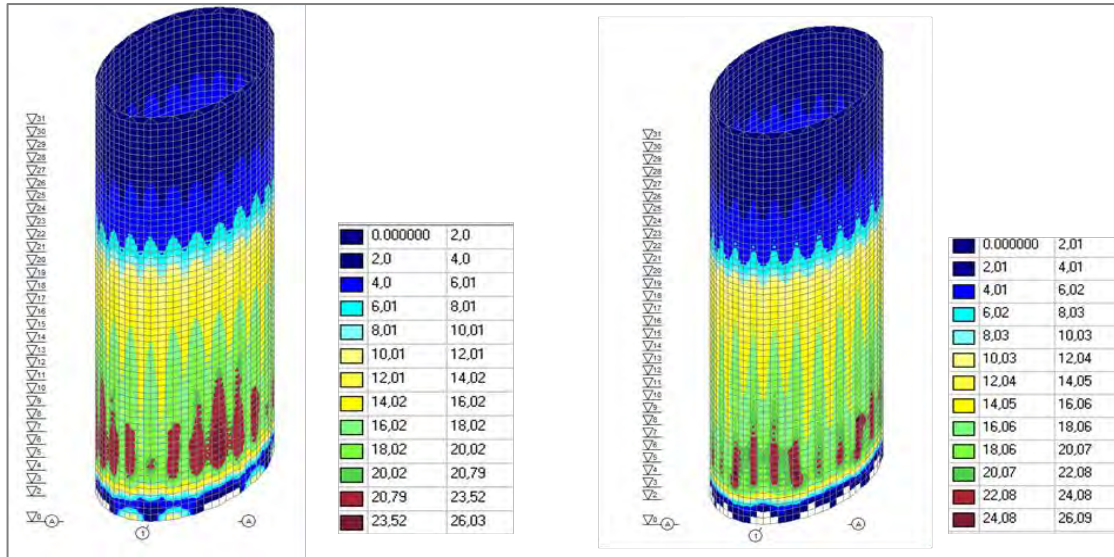


Рис. 2. Изополя напряжений, отображающих армирование во внутреннем и внешнем кольце оболочки, в см^2 .

Поверочным расчетом установлено, что с отметки +11,05 до отметки +21,05 принятая площадь горизонтального и вертикального армирования на 1 погонный метр во внешнем и внутреннем кольце меньше требуемой на 0,42-2,06 см^2 . Таким образом, при текущей загрузке возникает перенапряжение в рабочей арматуре стен силоса, что может привести к аварийной ситуации. Необходимо выполнить усиление стен силосов с отметки +11,05 до отметки +21,05.

Также была проанализирована возможность реконструкции силосов с установкой обратных конусов.

В конструкции разгрузочного элемента – обратном конусе выпускное отверстие расположено эксцентрично. Во время разгрузки силоса давление на наиболее удалённую от выпускного отверстия стену увеличивается, а на ближайшую уменьшается. При этом вблизи стен образуется воронка в

сыпучем материале с местным увеличением горизонтальных давлений в потоке. В связи с этим, следует производить проверку достаточности принятого армирования для восприятия местных усилий. Изменение давления по высоте принимается по линейному закону:

$\delta_{Az} = \delta'_A * \frac{z}{l}$, где δ'_A – макс. ордината дополнительного давления; z – расчетный уровень цемента в м.

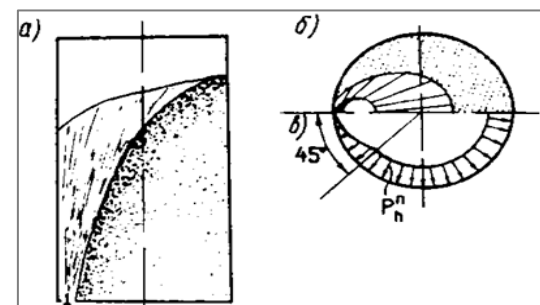


Рис. 3. Схема движения материала при внецентричной выгрузке: а - разрез силоса; б – план; в - эпюра давления.

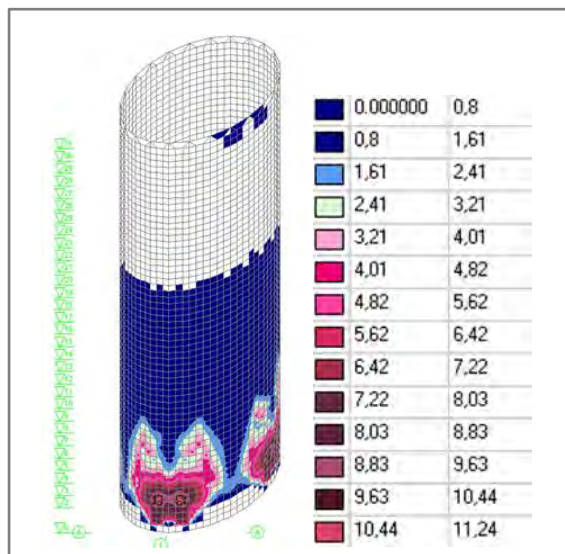


Рис. 4. Изополя напряжений, красным цветом выделены участки с недостаточным армированием.

В результате расчета по первой группе предельных состояний (по несущей способности) при установке

Литература

1. ГОСТ 31937-2011. «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
2. СП 43.13330.2012. «Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85».
3. СП 63.13330.2012. «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».
4. СНиП 2.01.07-85*. «Нагрузки и воздействия».

обратных конусов с внецентренной выгрузкой и полной загрузкой возникают критические перенапряжения в рабочей арматуре стен цементных силосов, что может привести к аварийной ситуации. Запрещено устанавливать данный тип оборудования без предварительного усиления стен.

Для обеспечения эксплуатационной пригодности и безопасной эксплуатации необходимо не только восстановить проектное состояние поврежденных механическими воздействиями стенок силосов, но и выполнить комплексное усиление конструкций цементных силосов №14 - №20 с отм.+11.050 до отм.+24.050 по проекту, разработанному специализированной проектной организацией.



ОБ ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

УДК 67

Ильинский К.В.	Начальник отдела технических устройств Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Иванов К.С.	Эксперт отдела технических устройств Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Власенко А.А.	Начальник лаборатории неразрушающего контроля Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Барминова О.М.	Начальник отдела Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Логинов Е.С.	директор Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

02.11.2015

Аннотация. В статье изложены инновационные методы обследования тепловых сетей таких как акустическая томография (АТ) и бесконтактная магнитометрическая диагностика (БМД), а так же описание каждого метода.

Ключевые слова: безопасность, тепловые сети, диагностика, дефекты, акустическая томография, бесконтактная магнитометрическая диагностика.

В России трубы тепловых сетей предприятий и городов в большинстве своем являются подземными, из-за этого их диагностика «классическими» методами неразрушающего контроля не дает объективного результата. Основным «классическим» методом неразрушающего контроля – является визуальный контроль. Провести визуальный контроль всех труб теплосетей не представляется возможным (вскрытие грунта, для обеспечения доступа к трубам фактически невозможно из-за высоких финансовых затрат, которые автоматически приведут к увеличению стоимости для конечного потребителя). Ультразвуковые же методы, рентгенографические или методы контроля проникающими веществами дают еще меньше объективности, так как подобные методы применяются выборочно, в колодцах и шурфах, и сделать, после таких работ,

однозначный вывод о состоянии всей теплосети – невозможно.

Как же узнать состояние всех труб (или хотя бы большую часть) всей теплосети? Тем более, что тепловые сети попадают под определение оборудования, работающего под давлением, согласно ФНП «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», и соответственно являются потенциально опасными.

Современная наука не стоит на месте. Одним из инновационных методов, дающих объективную оценку является метод акустической томографии (АТ). Метод АТ разработан Е.В. Самойловым, и основывается на так называемой эмиссии (излучении) сигналов зонами труб с повышенным напряжением в них. В соответствии с

методом Е.В. Самойлова дефекты размером несколько десятков сантиметров и более излучают сигналы в диапазоне частот от 300 до 5000 Гц. Диагностика состоит в регистрации акустических сигналов, которые распространяются по трубе. После их дальнейшей фильтрации осуществляется определение местоположения источников сигналов. Таким образом, АТ метод определяет места труб с аномалиями и дефектами, а так же места утечек теплоносителя. Далее происходит классификация дефектов и аномалий по степени их опасности, и проводится расчет времени наработки до предельного состояния трубопровода, с учетом имеющихся дефектов.



Фото 1. Поврежденный коррозией участок теплосети.

К числу дефектов, выявляемых АТ, относятся интервалы повышенных напряжений, обусловленные:

- утонением стенки трубы за счет наружной и внутренней коррозии (см. фото 1);
- разрушением конструктивных элементов трубопровода (мертвых и скользящих опор, обрушение плит перекрытий и др.);
- нарушениями технических решений проектов прокладки трубопроводов при проведении строительно-монтажных и ремонтных работ;
- недостатком самокомпенсации труб при термическом воздействии и др. причинами;

- разрушением конструктивных элементов трубопровода (мертвых и скользящих опор, обрушение плит перекрытий и др.);
- нарушениями технических решений проектов прокладки трубопроводов при проведении строительно-монтажных и ремонтных работ.

Особенностью метода АТ, является возможность проводить диагностику на работающих трубопроводах, то есть без вывода из рабочего состояния, а так же минимизация подготовительных работ производимых заказчиком (достаточно обеспечить доступ к тепловым камерам). Диагностика возможна на трубопроводах водяной тепловой сети, как надземной, так и подземной (канальной и бесканальной) прокладки (фото 2).

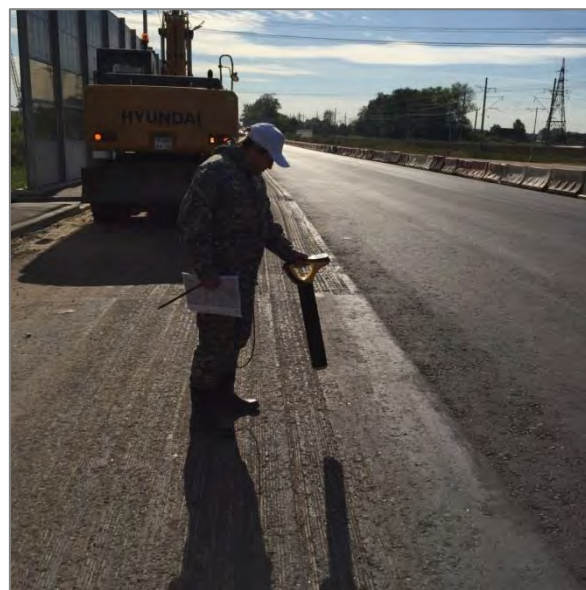


Фото 2. Проведение работ по диагностированию подземного участка трубопроводов теплосети, проходящей по автодорогой.

Еще одним прогрессивным методом является метод бесконтактной магнитометрической диагностики (БМД). Метод БМД основан на измерении искажений магнитного поля Земли, обусловленных изменением



намагниченности металла трубы теплосети в зонах концентрации напряжений и в зонах развивающихся коррозионно-усталостных повреждений. При этом характер (частота и амплитуда) изменений магнитного поля земли обусловлен деформацией трубопровода, возникающей в нем вследствие воздействия ряда факторов, таких как: остаточные технологические и монтажные напряжения, рабочие

нагрузки и напряжения самокомпенсации, например, при колебаниях температуры наружного воздуха или среды.

Достоинством данного метода так же, как и метода АЭ является возможность проведения диагностики, и выявления дефектов при минимальных подготовительных работах и отсутствие необходимости вывода трубопровода из эксплуатации.

Литература

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».
2. Е.В. Самойлов. «Диагностика как элемент коррозионного мониторинга трубопроводов тепловых сетей» // «Новости теплоснабжения», № 4, 2002.
3. Е.В. Самойлов. «Диагностика трубопроводов тепловых сетей, как альтернатива летним опрессовкам» // «ЖКХ. Журнал руководителя и главного бухгалтера», № 4, 2003.
4. Е.В. Самойлов. «Техническое состояние трубопроводов тепловых сетей и критерии ремонта» // «Новости теплоснабжения», № 4, 2004.



УСТРОЙСТВО ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ В КОТЕЛЬНЫХ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

УДК 69

Высоких Р.В.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Равинский И.Д.	Эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Блатов А.А.	Зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Хохлов В.Г.	Эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Глухова А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»

Аннотация. В статье изложены основные проблемы и требования по устройству легкобрасываемых конструкций в котельных.

Ключевые слова: котельные, взрывозащита, легкобрасываемые конструкции, безопасность.

Котельные являются неотъемлемой составляющей опасных производственных объектов, зачастую обеспечивая все промышленное предприятие теплоносителем. Ввиду этого, большое значение имеет защита зданий котельных от взрывов в производственных помещениях. Взрывозащита обеспечивается по двум основным направлениям. Главным направлением является исключение возможности возникновения взрыва. В тех же случаях, когда это сделать затруднительно, либо вообще не представляется возможным, предусматривается защита зданий при помощи легкобрасываемых конструкций, с целью снижения нагрузок на ограждающие конструкции.

Легкобрасываемые конструкции – это наружные ограждающие конструкции (или их элементы) зданий, сооружений и помещений с взрывоопасными производствами. При взрыве легкобрасываемые конструкции

должны сбрасываться или разрушаться, образуя открытые проёмы для снижения давления взрыва. В качестве легкобрасываемых конструкций, как правило, используется остекление окон и фонарей зданий. При недостаточной площади остекления допускается в качестве легкобрасываемых конструкций использовать конструкции покрытий с кровлей из стальных, алюминиевых, асбестоцементных и битумных волнистых листов, из гибкой черепицы, металлочерепицы, асбестоцементных и сланцевых плиток и эффективного негорючего утеплителя. Оконное стекло относится к легкобрасываемым конструкциям при толщине 3,4 и 5 мм и площади не менее (соответственно) 0,8, 1 и 1,5 м². Армированное стекло, стеклопакеты, триплекс, сталинит и поликарбонат к легкобрасываемым конструкциям не относятся.

Требуемую площадь легкобрасываемых элементов наружных

ограждающих конструкций на 1 м³ объема помещения (К, м²/м³) следует определять по формуле [4]:

$$K = \frac{0,0032 \Gamma \mathcal{E}_p \sqrt[3]{(\mathcal{E}_p - 1) (P_p + P_0)}}{\sqrt{P_p^3 / P_p \Pi}}, \text{ где:}$$

Γ – нормальная скорость горения взрывоопасной смеси, м/с;

\mathcal{E}_p – расчётная степень расширения продуктов горения;

P_p – воздействие взрыва на легкобрасываемые элементы, кгс/м²;

P_0 – атмосферное давление, равное 10 кгс/м²;

Π – объём помещения, м³, определяемый в пределах внутренних поверхностей ограждающих конструкций (без вычета объёмов оборудования и несущих конструкций – колонн, балок, прогонов, пилястр и т. п.).

При отсутствии расчётных данных площадь легкобрасываемых конструкций должна составлять согласно [3]:

1. При использовании твердого топлива в помещениях котельных, помещениях пылеприготовления площадь легкобрасываемых конструкций должна определяться из расчета: - при свободном объеме котельного зала до 10000 м³ - 0,015 м² на 1 м³ свободного объема; - при свободном объеме котельного зала более 10000 м³ - 0,006 м² на 1 м³ свободного объема.

2. При использовании жидкого и газообразного топлива в помещении котельной следует предусматривать легкобрасываемые ограждающие конструкции из расчета 0,03 м² на 1 м³ свободного объема помещения, в котором находятся котлы, топливоподающее оборудование и трубопроводы.

В настоящее время оборудование котельных на опасных производственных объектах легкобрасываемыми конструкциями является обязательным требованием и регламентируется

нормами СП 89.13330.2012 «Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76», введенными в действие с 2013 г., однако так было далеко не всегда. Рассмотрим, какие документы действовали до их введения:

- до 1958 г. «Временные санитарные правила размещения в населенных местах котельных, расходующих до 3 т/час твердого топлива (угля и торфа)»;
- с 1958 по 1965 гг. СН 12-57 «Правила устройства отопительных котельных в населенных местах»;
- с 1966 по 1977 гг. СНиП II-Г.9-65 «Котельные установки. Нормы проектирования» и СН 350-66 «Указания по проектированию котельных установок»;
- с 1978 по 2012 гг. СНиП II-35-76 «Котельные установки».

Первое упоминание о необходимости легкобрасываемых конструкций в котельных появилось лишь в СНиП II-35-76 «Котельные установки». Таким образом, большинство котельных, построенных до 1978 года, не оборудованы легкобрасываемыми конструкциями. Возникает вопрос: применимы ли требования по устройству легкобрасываемых конструкций к зданиям котельных, построенным до введения в действие этих требований? Мероприятия по пожарной безопасности, предусматриваемые при проектировании котельных, с мая 2009 г. должны отвечать требованиям [1]. Ст.4 п.4 этого документа гласит, что «В случае, если положениями настоящего Федерального закона (за исключением положений статьи 64, части 1 статьи 82, части 7 статьи 83, части 12 статьи 84, частей 1.1 и 1.2 статьи 97 настоящего Федерального закона) устанавливаются более высокие требования пожарной безопасности, чем требования, действовавшие до дня вступления в силу соответствующих положений настоящего Федерального

закона, в отношении объектов защиты, которые были введены в эксплуатацию, либо проектная документация на которые была направлена на экспертизу до дня вступления в силу соответствующих положений настоящего Федерального закона, применяются ранее действовавшие требования. При этом в отношении объектов защиты, на которых были проведены капитальный ремонт, реконструкция или техническое перевооружение, требования настоящего Федерального закона применяются в части, соответствующей объему работ по капитальному ремонту, реконструкции или техническому перевооружению». Таким образом, для зданий котельных, построенных до 1978 г., при отсутствии реконструкций с момента возведения и до мая 2009 г., могут быть применены только требования, существовавшие на момент постройки, а значит требовать устройства легкобрасываемых конструкций надзорные органы не имеют права. Тем не менее, многие котельные, изначально работавшие на твердом топливе (уголь, торф, древесина), затем были переведены на жидкое и газообразное топливо (газ, нефть, мазут, дизельное топливо). Если это происходило после 1977 г. и при этом проводилась реконструкция здания, то проектом на реконструкцию должны были быть предусмотрены изменения в строительных конструкциях здания с устройством легкобрасываемых конструкций. Но на практике документы на реконструкцию здания часто оказываются утрачены за давностью лет, и доказательство необходимости установки легкобрасываемых конструкций, в случае их отсутствия, становится достаточно трудоемким процессом.

Ярким примером необходимости установки легкобрасываемых конструкций служит взрыв в здании котельной на одном из крупных

промышленных предприятий Нижегородской области, произошедший зимой 2013 г. Экспертиза промышленной безопасности, проводившаяся специалистами Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза», выявила несоответствие здания требованиям промышленной безопасности, а именно, недостаточную площадь легкобрасываемых конструкций. Это привело к тому, что многотонные железобетонные панели, из которых были возведены стены здания, были вырваны взрывной волной и разбросаны вокруг котельной. Лишь по счастливой случайности (взрыв произошел ночью) в данной аварии не было пострадавших.



Рис.1. Последствия взрыва котельной в Нижегородской области в 2013г.

Вывод.

На сегодняшний день не ко всем котельным на опасных производственных объектах применимы требования СП 89.13330.2012 по устройству легкобрасываемых конструкций, однако для всех промышленных предприятий, эксплуатирующих котельные, настоятельно рекомендуется выполнять и соблюдать данные требования для обеспечения взрывозащиты.



Литература

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года N 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями на 13 июля 2015 года).
2. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001.
3. СП 89.13330.2012 Котельные установки Актуализированная редакция СНиП II-35-76.
4. СН 502-77 Инструкция по определению площади легкобрасываемых конструкций.
5. Орлов Г.Г. Легкобрасываемые конструкции для взрывозащиты промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1987. 198 с.



ОБ ОСНОВНЫХ МЕТОДАХ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 67

Ильинский К.В.	Начальник отдела технических устройств Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Иванов К.С.	Эксперт отдела технических устройств Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Власенко А.А.	Начальник лаборатории неразрушающего контроля Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Барминова О.М.	Начальник отдела Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Логинов Е.С.	директор Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

02.11.2015

Аннотация. В статье изложены основные методы неразрушающего контроля и их применение при проведении технического диагностирования оборудования, работающего под избыточным давлением.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, диагностирование, метод.

Оборудование, работающее под давлением (согласно ФНП "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением») – это технические устройства, работающие под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля. К основным видам такого оборудования котлы и трубопроводы пара и горячей воды, а так же различные сосуды. Для возможности эксплуатации данного оборудования сверх нормативного срока службы необходимо провести его экспертизу промышленной безопасности, включающей помимо всего прочего техническое диагностирование. В большинстве случаев диагностирование проводится неразрушающими методами. Основными методами неразрушающего контроля являются следующие методы:

1) визуальный и измерительный контроль;

- 2) контроль с помощью ультразвука;
- 3) контроль проникающими веществами;
- 4) акустико-эмиссионный контроль.

Рассмотрим каждый метод в отдельности, оценив его сильные и слабые стороны.

Визуальный и измерительный контроль, как видно из названия, делится на визуальный и измерительный контроль. Согласно РД 03-606-03, визуальным является органолептический контроль, то есть контроль, осуществляемый органами зрения человека. Измерительным контролем же является контроль, осуществляемый с применением средств измерений. Визуальный и измерительный контроль является основным видом, позволяющим увидеть, и измерить геометрические параметры таких поверхностных дефектов, как трещины, коррозионные повреждения, дефекты сварки, вмятины и т.д. Так же с помощью данного метода

возможно измерить геометрические параметры самого технического устройства. Ведь, в следствии воздействия высоких температур, часто элементы оборудования под давлением «ведет», и тем самым нарушается геометрия.

Ко всему прочему, все перечисленные в данной статье методы требуют предварительной подготовки поверхности для их проведения, и визуального осмотра для дальнейшего анализа результатов. Например, в местах интенсивного коррозионного износа толщина стенки будет значительно ниже других участков элементов оборудования, но, без предварительного визуального контроля установить причины локального утонения будет проблематично. Из выше сказанного так же следует, что визуальный и измерительный контроль позволяет выявить места и участки, подверженные максимальным нагрузкам при эксплуатации оборудования, и требующим дополнительных методов контроля. К недостаткам ультразвукового метода относится то, что с помощью него возможно обнаружить лишь относительно крупные поверхностные дефекты. Для обнаружения иных дефектов существуют методы, про которые описано ниже.

Метод ультразвукового контроля - метод, предложенный С. Я. Соколовым в 1928 году и основанный на исследовании процесса распространения ультразвуковых колебаний с частотой 0,5 — 25 МГц в контролируемых изделиях с помощью специального оборудования (дефектоскопов, толщиномеров). Метод ультразвукового контроля, или по-другому ультразвуковая дефектоскопия, имеет самые различные вариации, но к основным, применяемым при диагностировании оборудования, работающего под давлением, являются метод ультразвукового измерения толщины стенки различных элементов, а так же метод ультразвукового контроля сварных соединений оборудования (рис. 1). К очевидным плюсам ультразвуковой дефектоскопии относится то, что с ее помощью возможно обнаруживать дефекты, внутри металла и сварных соединений, измерять толщины, при этом не требуется разрушения контролируемого элемента. К недостаткам метода относится чувствительность поверхности, на которой проводится контроль (не всегда конструкция устройства позволяет подготовить поверхность должным образом), а так же высокие требования к квалификации дефектоскопистов.

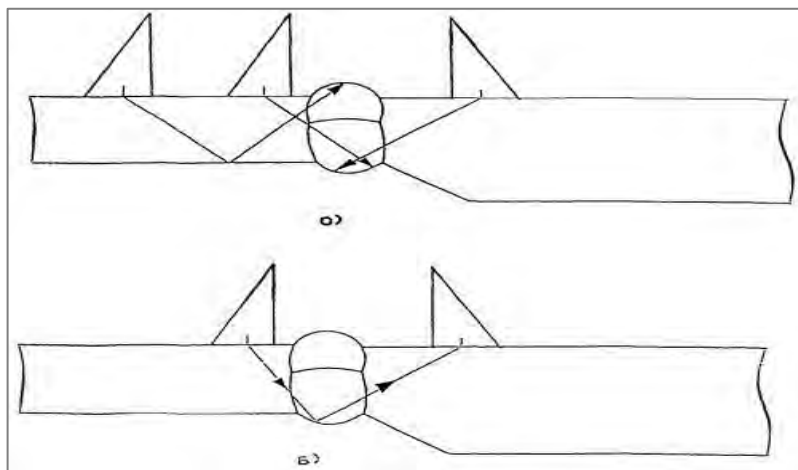


Рис. 1. Принцип проведения ультразвукового контроля сварных соединений.

Метод контроля проникающим веществом основан на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полость несплошностей материала объекта контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуально или с помощью преобразователя. Данный метод позволяет выявить опять же только поверхностные дефекты. Но, данные дефекты настолько малы, что обнаружить их без применения капиллярных жидкостей невозможно (фото 1). Данный метод не может полноценно заменить собой никакой другой вид контроля, но, тем не менее дает неплохие результаты, когда применяется совместно с другими способами диагностирования.



Фото 1. Поверхность, обработанная капиллярной жидкостью. Хорошо видна трещина, которая невооруженным глазом была бы незаметна.

Завершающим этапом диагностирования оборудования под давлением являются испытания. Испытания залучаются в нагружении оборудования давлением, и последующей регистрации возможных дефектов. В случае

проведения испытания воздухом, такие испытания необходимо совмещать с методом акустической эмиссии.

Метод акустической эмиссии (АЭ) – метод, основанный на регистрации, и последующем анализе акустических волн, которые возникают в процессе пластической деформации или разрушения (роста трещин) диагностируемого оборудования при нагружении его давлением. К неоспоримым плюсам данного метода можно отнести такие особенности, как:

- Высокая чувствительность к растущим дефектам, которая позволяет выявлять его увеличение даже на доли мм;
- Выявление только развивающихся дефектов, что позволяет классифицировать дефекты по степени их опасности, а не по их геометрическим размерам;
- Безопасность при проведении испытаний, при диагностировании оборудования методом АЭ. Ведь, нагружение оборудование давлением происходит постепенно, давая возможность зарегистрировать потенциально опасный сигнал в самом начале его зарождения, после чего незамедлительно остановить повышение давления.

Тем не менее, метод не позволяет выявить такие дефекты, как коррозионные язвину, вмятины, и другие поверхностные дефекты. Поэтому его так же необходимо совмещать с другими методами неразрушающего контроля.

Литература

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».
2. РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю».
3. ГОСТ 18442-80 Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.



4. РД 34.17.302-97 «Котлы паровые и водогрейные. Трубопроводы пара и горячей воды, сосуды. Сварные соединения. Контроль качества. Ультразвуковой контроль. основные положения».
5. ПБ 03-593-03 Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов.



ОБ ОСОБЕННОСТИ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 67

Ильинский К.В.	Начальник отдела технических устройств Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Иванов К.С.	Эксперт отдела технических устройств Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Власенко А.А.	Начальник лаборатории неразрушающего контроля Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Барминова О.М.	Начальник отдела Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Логинов Е.С.	директор Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

02.11.2015

Аннотация. В статье изложены особенности проведения экспертизы промышленной безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением с целью продления срока службы.

Ключевые слова: техническое устройство, диагностирование, экспертиза промышленной безопасности, дефект.

Продление срока службы технических устройств – процедура, предусмотренная Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности (далее – ФНП), позволяющая продолжить эксплуатацию технического устройства по истечении расчетного срока службы. Расчетный срок службы – срок, определяемый изготовителем, гарантирующий безопасную эксплуатацию технического устройства, при условии соблюдения требований его руководства по эксплуатации, а так же требований нормативно-технических документов. В случае, если изготовитель не указал расчетный срок службы, то согласно ФНП он принимается равным двадцати годам. По истечении данного срока необходимо его продление. Продление происходит путем проведения экспертизы промышленной безопасности (далее - ЭПБ) технического устройства,

включающей помимо всего прочего и его техническое диагностирование. Таким образом, продление срока службы происходит по результатам ЭПБ, которая в свою очередь отвечает сразу на два вопроса:

- 1) отвечает ли техническое устройство по своей конструкции, а так же процесс его эксплуатации, современным требованиям промышленной безопасности. (Согласно ФЗ-116, Промышленная безопасность (далее – ПБ) – состояние защищённости жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий);
- 2) является ли состояние технического устройства работоспособным и имеется ли еще запас ресурса для его дальнейшей эксплуатации.



Отвечая на первый вопрос, при проведении ЭПБ проводится оценка соответствия объекта экспертизы (самого технического устройства, его документации, а так же процесса его эксплуатации) требованиям ФНП, правил, ГОСТов и другой актуальной нормативной документации. В случае с оборудованием под давлением в первую очередь необходимо оценить наличие и соответствие требованиям таких документов, как паспорт устройства и его руководства по эксплуатации (для детального ознакомления с устройством), аттестацию обслужи-вающего персонала, должностные инструкции персонала и приказы о назначении ответственного и эксплуатирующего персонала (так как оборудование является потенциально опасным, и его эксплуатация должна осуществляться обученным и аттестованным персоналом, четко понимавшим свои должностные обязанности), эксплуатационные журналы (на предмет режимов и параметров эксплуатации устройства).

Касаемо самого оборудования – необходимо в первую очередь убедиться в соответствии устройства требованиям ПБ в части арматуры, контрольно измерительных приборов, приборов и устройств, отвечающих за безопасность (в частности однозначно необходимо уделить внимание наличию и соответствию требованиям предохранительных клапанов.), так как требования к данным устройствам менялись за последние двадцать лет не единожды. Так же необходимо уделить внимание расположению технического устройства, соответствию требованиям его площадок и лестниц, а так же не проектным изменением, внесенным уже в процессе эксплуатации.

Касаемо проведения технического диагностирования – существуют особенности, необходимые учитывать при проведении оценки технического

состояния различного оборудования, работающего под давлением. Основным оборудованием под давлением являются котлы, трубопроводы пара и горячей воды, сосуды и работающие под давлением. Сегодня на каждый перечисленный тип оборудования существуют обширные методики, согласованные с Ростехнадзором, и позволяющие определять технического состояния устройств. Более того, по типовому оборудованию в данных методиках уже существуют программы, по которым можно проводить диагностирование. Впрочем, данные программы описывают минимальные требования, позволяющие выявить максимальное количество типовых дефектов, и эксперт, проводящий ЭПБ вправе расширять программу согласно методикам. Основным способом диагностирования является неразрушающий контроль. Опишем отдельно для каждого, их перечисленных выше типов устройств, основные особенности при проведении их неразрушающего контроля, а так же распространенных дефекты встречающиеся на данном оборудовании. Итак:

1. Трубопроводы пара и горячей воды (далее – трубопроводы; здесь и далее пойдет речь о трубопроводах эксплуатируемых с давлением не более 2,0 МПа и температуре носителя не выше 250 градусов Цельсия): основной особенностью при проведении неразрушающего контроля трубопроводов является их покрытие изоляцией, а так же отсутствие возможности провести полноценные внутренний визуальный контроль. В первую очередь необходимо убедиться в отсутствии потеков, парения и течей (их следы хорошо видны на самой изоляции). Но, в основном металле подобные дефекты встречаются редко. Гораздо чаще они обнаруживаются на арматуре,

или местах ее крепления к трубопроводу. Далее, стоит обратить внимание на целостность опорно-подвесной системы (особенно в местах крепления подвесных опор), на расположение трубопровода на скользящих опорах (часто из-за температурных расширений трубопровод смещается с них), на наличие компенсации тепловых расширений между неподвижными опорами, на отсутствие заземления трубопровода, при проходе сквозь стены.

2. Котлы (здесь и далее пойдет речь о котлах, эксплуатируемых с давлением не более 2,5 МПа и температуре носителя не выше 250 градусов Цельсия). Вначале необходимо сказать несколько слов о безопасности: прежде чем приступать к неразрушающему контролю котлов (особенно внутри котла) необходимо убедиться, что котел отключен, или надежно отглушен рассечками от действующих коммуникации (пара/горячей воды и газа, в случае, если котел работает на газовом топливе). Полагаться на надежность задвижек не стоит. Ведь при остановке котла для диагностики, остальные котлы в котельной могут продолжать свою работу, а с учетом того, что все котлы в котельной могут быть связаны единым коллектором, единственное, что будет ограничивать поступление рабочей среды с других котлов в диагностируемый котел будет задвижка, которая может быть неисправна. В случае, если в этот момент внутри будет работать дефектоскопист – это может привести к страшным последствиям. Правильно же установленная рассечка даст гарантию безопасности нахождения людей при работе внутри котла.

Что касается основных дефектов, то в котлах ими являются: коррозионные язвы в барабанах (особенно часто встречаются вдоль нижних образующих барабанов), накипь и другие отложения в

котле (хотя сама по себе накипь опасности не представляет, тем не менее, она забивает экранные и конвективные трубы, условный проход которых и так не велик, после чего падает способность к охлаждению этих труб рабочей средой, и так как они работают в напряженных температурных условиях (на них попадает пламя с горелок и горячие дымовые газы) они быстро выходят из строя, деформируясь и выходя из общего ранжира труб (фото 1). Ко всему прочему, под слоем накипи сложнее увидеть дефекты). Так же частым дефектом является утонение экранных труб, разрушения колокольчиков экранных труб в барабанах, изменения овальности верхнего барабана (особенно в местах его расположения над топкой котла).



Фото 1. Накипь на внутренней стороне коллектора котла.

3. Сосуды, работающие под давлением (далее - сосуды). В случае с сосудами – основными дефектами являются коррозионные язвы, расположенные внутри, на нижнем днище, или вдоль нижней образующей (в случае горизонтальной установки сосуда), разрушения фундамента, на котором расположен сосуд (т.к. очень часто сосуды смонтированы на улице), локальные утонения стенок сосуда (в месте установки продувки). Так же необходимо сказать несколько слов об отдельном виде сосудов – баллонах. Основными дефектами баллонов

являются раковины (фото 2) на наружной и внутренних поверхностях баллона (бракуются в случае превышения их глубины более, чем 10% от номинальной толщины стенки баллона), а так же локальные утонения стенок баллонов на величину более, чем указано в паспорте баллонов.



Фото 2. Раковины на внутренней поверхности баллона.

Вот, наверно, и все. Здесь были перечислены самые распространённые дефекты. В остальном же, при правильной эксплуатации, другие дефекты встречаются довольно редко. Тем не менее пренебрегать остальными методами неразрушающего контроля, перечисленными в соответствующих методиках нельзя, так как встречаются и иные дефекты, и для объективного определения фактического состояния оборудования необходимо проводить диагностирование в полном объеме.

Литература

1. СО 153-34.17.439-2003 «Инструкция по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением».
2. СО 153-34.17.469-2003 «Инструкция по продлению срока безопасной эксплуатации паровых котлов с рабочим давлением до 4,0 МПа включительно и водогрейных котлов с температурой воды выше 115 град. Цельсия».
3. СО 153-34.17.464-2003 «Инструкция по продлению срока службы трубопроводов II, III и IV категорий».
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности».
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».



ОБ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕСИВЕРОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СТАЛИ МАРКИ 3

УДК 67

Ильинский К.В.	Начальник отдела технических устройств Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Иванов К.С.	Эксперт отдела технических устройств Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Власенко А.А.	Начальник лаборатории неразрушающего контроля Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Барминова О.М.	Начальник отдела Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Логинов Е.С.	Директор Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

02.11.2015

Аннотация. В статье изложены особенности применения ресиверов на открытых площадках при минусовых температурах и расчет на сопротивление хрупкому разрушению.

Ключевые слова: сталь, ресивер, хрупкое разрушение, расчет на прочность.

Как известно, у любой марки стали существуют ограничения по ее применению. В частности, согласно п.13 приложения 5 СО 153-34.17.439-2003 «Инструкция по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением», ресиверы, эксплуатируемые на открытых площадках, при температуре ниже минус 30 градусов по Цельсию (А для сосудов, изготовленных из стали марки 3 - при температуре ниже минус 20 градусов по Цельсию) возможно применять, только после испытания образцов (вырезанных из элементов данных сосудов) на ударную вязкость. В России огромное количество ресиверов эксплуатируется на открытых площадках, и из них очень большое количество изготовлено из стали марки 3. При этом температура в зимний период (даже в Московской области) опускается до минус 33 градусов по Цельсию (а в отдельных районах даже ниже). Делать же вырезку из сосуда очень часто

невозможно, так как практически отсутствуют методы устранения подобных вырезок. В таком случае, согласно тому же п.13 приложения 5 СО 153-34.17.439-2003 возможно провести силами специализированной организации обоснование условий хрупкой прочности металла при низких температурах. Но, что же представляет собой подобное обоснование. Согласно п.6.5.2 РД 03-421-01 «Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов»: сопротивление хрупкому разрушению считают обеспеченным, если для выбранного расчетного дефекта в виде трещины в рассматриваемом режиме эксплуатации выполняется условие:

$$K_I \leq [K_I],$$

где, $[K_I]$ – допустимое значение коэффициента интенсивности напряжений, являющееся характеристикой



материала при данных условиях эксплуатации (п.5.8.4.2 ПНАЭ Г-7-002-86).

$$[K_I] = 13 + 18e^{[0,02(T-T_k)]}$$

где, T_k - смоделированная критическая температура хрупкости стали.

K_I - коэффициент интенсивности напряжений для обечайки сосуда, согласно п. 5.8.5.4. ПНАЭ Г-7-002-86.

Не смотря на то, что данный документ описывает нормы расчета на прочность оборудования атомных энергетических установок, в РД 03-421-01 рекомендовано высчитать коэффициенты $[K_I]$ и K_I именно согласно ПНАЭ Г-7-002-86. Соответственно:

$$K_I = \eta \cdot (0,7\sigma_p + 0,45\sigma_q) \sqrt{(S_f - C)/10^3},$$

Табл. 1. Характеристики и параметры эксплуатации воздухоборника.

P	Расчетное (разрешенное) давление, МПа	0,8
D	Внутренний диаметр обечайки, мм	2000
t	Рабочая температура (регион – Московская область)	Не ниже минус 33 ⁰ С
S _f	Минимальная фактическая толщина стенки, мм	9,3
S	Номинальная толщина стенки обечайки, мм	10,0
φ	коэффициент прочности сварного шва	0,9
c	суммарная прибавка к расчетной толщине стенки, мм	1,0
T _{кр}	Критическая температура хрупкости стали	+ 10 ⁰ С
η	коэффициент концентрации интенсивности в зонах присоединения патрубков согласно ГОСТ Р-52857.6-2007	3
Материал	Ст3 ГОСТ 380-60	

Таким образом:

$$K_I = \eta \cdot (0,7\sigma_p + 0,45\sigma_q) \sqrt{(S_f - C)/10^3} = 3 \cdot (0,7 \cdot 107,54) \cdot \sqrt{(9,3 - 1,0)/10^3} = 20,33 \text{ МПа} \sqrt{\text{м}}$$

Для моделирования снижения пластичных свойств материала в процессе эксплуатации в расчете принимаем критическую температуру хрупкости стали Ст3 $T_k = 10^0\text{C}$.

Тогда, согласно п.5.8.4.2 ПНАЭ Г-7-002-86:

$$[K_I] = 13 + 18e^{[0,02(T-T_k)]} = 13 + 18e^{[0,02(-33-10)]} = 20,56 \text{ МПа} \sqrt{\text{м}}.$$

где σ_p – Приведенное напряжения в обечайке ресивера от внутреннего давления согласно ГОСТ Р 52857.2 -2007, σ_q – составляющая изгибных напряжений (для тонкостенных конструкций σ_q можно пренебречь $\sigma_q \approx 0$), η - коэффициент концентрации интенсивности в зонах присоединения патрубков согласно ГОСТ Р-52857.6-2007. $\eta = 3$

$$\sigma_p = \frac{p \cdot (D_s + (S_f - C))}{2 \cdot \varphi \cdot (S_f - C)}.$$

Рассмотрим пример. Есть воздухоборник. Его характеристики, а так же параметры его эксплуатации указаны в таблице 1.



$K_I = 20,33 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}} \leq [K_I] = 20,56 \text{ МПа}\sqrt{\text{м}} \Rightarrow$ указанный ресивер возможно применять при заданных параметрах, так как выполняется условие сопротивления хрупкому разрушению.

Литература

1. СО 153-34.17.439-2003 «Инструкция по продлению срока службы сосудов, работающих под давлением».
2. РД 03-421-01 «Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов».
3. ГОСТ Р 52857.6-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках».
4. ПНАЭ Г-7-002-86 «Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок».

ОБ ОСНОВНЫХ ВИДАХ И УСТРОЙСТВЕ КОТЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

УДК 67

Ильинский К.В.	Начальник отдела технических устройств Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Иванов К.С.	Эксперт отдела технических устройств Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Власенко А.А.	Начальник лаборатории неразрушающего контроля Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Барминова О.М.	Начальник отдела Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Логинов Е.С.	Директор Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

02.11.2015

Аннотация. В статье изложены основные типы котлов, которые применяются на опасных производственных объектах, их конструкция и принцип действия.

Ключевые слова: безопасность, жаротрубный котел, водотрубный котел, котел-утилизатор, котел-бойлер, экономайзер.

Для проведения неразрушающего контроля котлов необходимо знать виды котлов, их устройство, основные принципы и особенности их работы.

Согласно ГОСТ 23172-78, котел – конструктивно объединенный в одно целое комплекс устройств для получения пара или для нагрева воды под давлением за счет тепловой энергии от сжигания топлива, при протекании технологического процесса или преобразовании электрической энергии в тепловую.

Котлы бывают водогрейные и паровые. Так же отдельно стоит выделить так называемые котлы-бойлеры. Котел-бойлер, это паровой котел, в состав которого включен бойлер (теплообменник). В таком случае, подобное техническое устройство вырабатывает и пар используемый, например, для производства, так и горячую воду, вырабатываемую бойлером. И водогрейные и паровые котлы бывают жаротрубные и водотрубные.

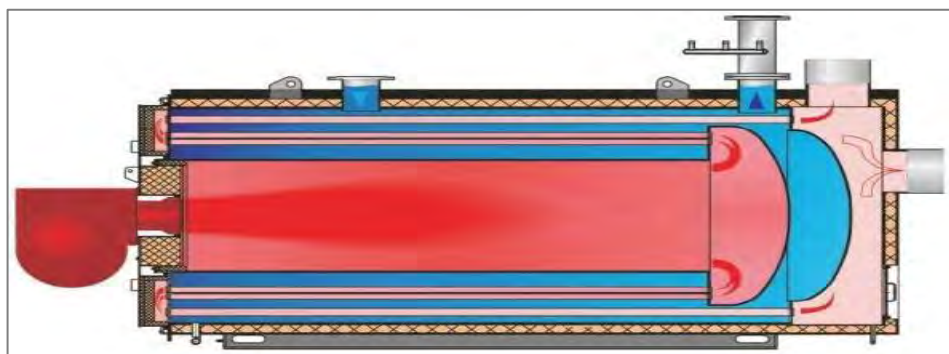


Рис. 1. Схема работы жаротрубного трехходового котла.

Устройство жаротрубного котла подразумевает емкость с водой, а так же расположенные внутри этой ёмкости трубы (рис 1).

По данным трубам проходит огонь от горелочного устройства и отработавшие дымовые газы, которые так же имеют высокую температуру, и тем самым разогретые трубы доводят воду в емкости до нужной температуры. Данные котлы бывают как одно ходовые, так и двух, и даже трех ходовые. Т.е. огонь, а в дальнейшем и дымовые газы проходят через котел несколько раз. Преимущество данных котлов заключается в простоте их изготовления, как следствие – относительной дешевизне. Котлы данного типа гораздо компактнее водотрубных котлов. С завода-изготовителя они уже поставляются в собранном виде, и требуют минимальных монтажных операций на месте их установки. Недостатком же данного типа котлов является их низкая ремонтпригодность, так как они

представляют собой неразборную конструкцию, и отсутствует необходимое пространство внутри, что бы была возможность провести ремонт. Особенностью, с которой возможно столкнуться при диагностировании жаротрубных котлов (например при проведении ЭПБ) как раз таки является малое пространство внутри котла. Например, одной из зон, работающей в наиболее неблагоприятных условиях в котле является нижняя образующая корпуса котла. Но, доступ к ней как правило ограничен, и для полноценного визуального контроля (СО 153-34.17.469-2003) необходимо применять дополнительное оборудование (зеркала, или эндоскоп).

Водотрубный котел устроен прямо противоположным способом. В таком котле имеется топка, в которой происходит сжигание топлива, а так же ряд труб, по которым циркулирует вода (рис. 2).

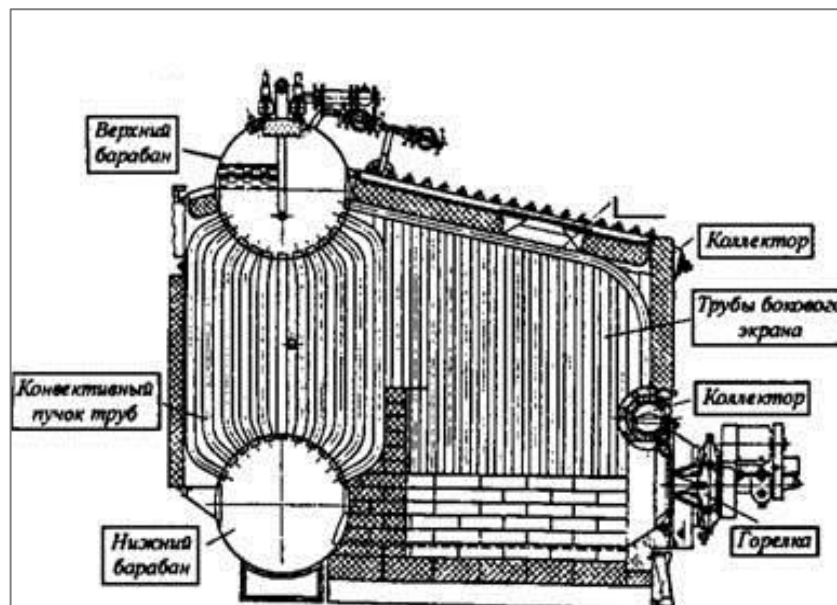


Рис. 2. Схема работы водотрубного парового котла.

Устройство водотрубного котла значительно сложнее. Трубы водотрубного котла делятся на обогреваемые и необогреваемые.

Обогреваемые трубы – трубы, подвергающиеся наружному температурному воздействию огня и отработавших дымовых газов. Они



делятся на экранные (трубы обогреваемые непосредственно огнем горелочных устройств), и конвективные трубы (трубы обогреваемые дымовыми газами). Необогреваемые трубы – трубы, служащие для циркуляции воды в котле, и не подвергающиеся температурному воздействию огня и дымовых газов. Так же, водотрубные котлы, в зависимости от конструкции и назначения могут иметь барабаны, коллектора, циклоны. Вода в котлах такого типа, в отличие от жаротрубных находится постоянно в режиме циркуляции (принудительной, или естественной из-за нагрева). Преимуществами подобного типа котлов является их высокая ремонтпригодность. У такого типа котлов возможно заменить любой элемент, так как для доступа всего лишь разобрать обмуровку, которая представляет собой кирпичную кладку, либо асбестовую смесь, либо и вовсе является щитовой, легкоъемной конструкцией. Диагностирование подобных котлов так же не является специфичным. Основными элементами, работающими в неблагоприятных условиях, являются экранные трубы, барабаны (нижние образующие) и коллектора (нижние образующие). Подобный тип котлов имеет свободный доступ ко всем перечисленным элементам, как для проведение визуального и измерительного контроля, так и иных методов неразрушающего контроля, перечисленных например в СО 153-34.17.469-2003. Минусами подобных котлов является большие габариты и вес (многие котлы такого типа имеют металлоконструкции, для поддержания собственной геометрии). Котлы приходят к месту установки в

разобранном виде. Соответственно, при монтаже требуются высокие материальные затраты, а так же более высокая квалификация специалистов, осуществляющих монтаж. Да и сами котлы имеют относительно высокую стоимость.

Для повышения КПД во всех типах котлов могут использоваться экономайзеры. Экономайзер – техническое устройство, которое использует температуру отработавших газов на выходе из котла для подогрева воды, поступающей в котел. Экономайзеры могут быть, как встроенные, так и выносные. И в большинстве случаев представляют собой набор труб, по которым циркулирует вода, подогреваясь выходными отработавшими газами перед тем как попасть в котел.

Отдельно, по конструкции, стоит выделить котлы-утилизаторы. Котлы утилизаторы не имеют собственных горелочных устройств. Их принцип работы похож на принцип работы экономайзера. Для обогрева воды (или выработки пара) используется температура дымовых газов, образовавшиеся на производстве, или например, образовавшиеся в процессе работы газовых турбин. Котлы-утилизаторы бывают как водотрубные, так и жаротрубные. Так же котлы-утилизаторы могут быть укомплектованы собственным экономайзером, так как температура отработавших газов бывает настолько высока, что пройдя через весь котел, сохраняется довольно высокой, и способной подогреть холодную воду перед поступлением в котел, тем самым значительно повышая КПД.

Литература

1. ГОСТ 23172-78 Котлы стационарные термины и определения.



2. СО 153-34.17.469-2003 Инструкция по продлению срока безопасной эксплуатации паровых котлов с рабочим давлением до 4,0 МПа включительно и водогрейных котлов с температурой воды выше 115 град. Цельсия.



ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОРОДНОГО ОХРУПЧИВАНИЯ ПУТЕМ ИСПЫТАНИЙ НА ТРЕХТОЧЕЧНЫЙ ИЗГИБ ОБРАЗЦОВ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ С ОДНОВРЕМЕННОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

УДК 539.4.019; 620.179.17

Вакатов А.В.	Эксперт по объектам котлонадзора и сосудов, работающих под давлением Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Куценко М.М.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Чуфаров М.В.	Инженер-дефектоскопист ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Зорин П.Н.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Бикинеев Д.В.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»

11.11.2015

Проблема *водородной хрупкости* (ВХ) металлов, как совокупность отрицательных явлений, обусловленных повышенным содержанием водорода в металле [1] на протяжении более чем столетия является актуальной. Связано это с тем, что даже относительно небольшое количество водорода (1-2 см³/100г), растворяясь в металле, приводит к негативному изменению его механических, физических и химических свойств. Но основная опасность ВХ заключается в том, что разрушение вызванное водородом, как правило, происходит внезапно, ежегодно приводя к многочисленным техногенным катастрофам и авариям.

При разработке методов борьбы с проблемой ВХ металлов одной из наиболее важных задач является исследование и контроль процессов деформации и разрушения, протекающих внутри наводороженного материала.

Наиболее эффективным инструментом изучения процессов разрушения, протекающих внутри металла в условиях ВХ представляется метод *акустической эмиссии* (АЭ).

Проведение испытания на трехточечный изгиб образцов высокопрочной стали разной толщины при различных скоростях деформирования в диапазоне 10⁻⁶ - 10⁻² с⁻¹ одновременной регистрацией сигналов АЭ представляет собой возможность изучить характерные особенности при разрушении образцов. Для исследований использовались стандартные плоские образцы из стали 70, типоразмер которых выбирался согласно требованиям ГОСТ 14019-2003 "Материалы металлические. Метод испытаний на изгиб". Типоразмер составил с учетом установочного места под датчик акустической эмиссии 20×120 мм.



Рис. 1. Анализатор водорода RH-402.

Определение содержания водорода в металле образцов проводилось методом восстановительного плавления в потоке инертного газа-носителя (N_2) по ГОСТ 17745-90 "Стали и сплавы. Методы определения газов" [2] на анализаторе водорода RH-402.

Для анализа содержания водорода были выбраны образцы толщиной 0,5, 1,5 и 2,5 мм в 7-ми различных состояниях:

- 1) образец без покрытия (исходное);
- 2) образец с гальваноцинковым покрытием без термообработки;
- 3) образец с механически удаленным покрытием без термообработки;
- 4) образец с покрытием и термообработкой при температуре $(190 \pm 10)^\circ C$ (10 часов)-ТО190;
- 5) образец с механически удаленным покрытием после ТО190;
- 6) образец с покрытием и термообработкой при температуре $(250 \pm 10)^\circ C$ (10 часов) - ТО250;
- 7) образец с механически удаленным покрытием после ТО250.

Результаты анализа содержания водорода приведены на рисунке 2.

Испытания образцов проводили на разрывной машине 1231У-10 по схеме трехточечного изгиба (рис. 3), моделирующей условия статического нагружения пружинных изделий из стали 70 с гальваноцинковым покрытием.

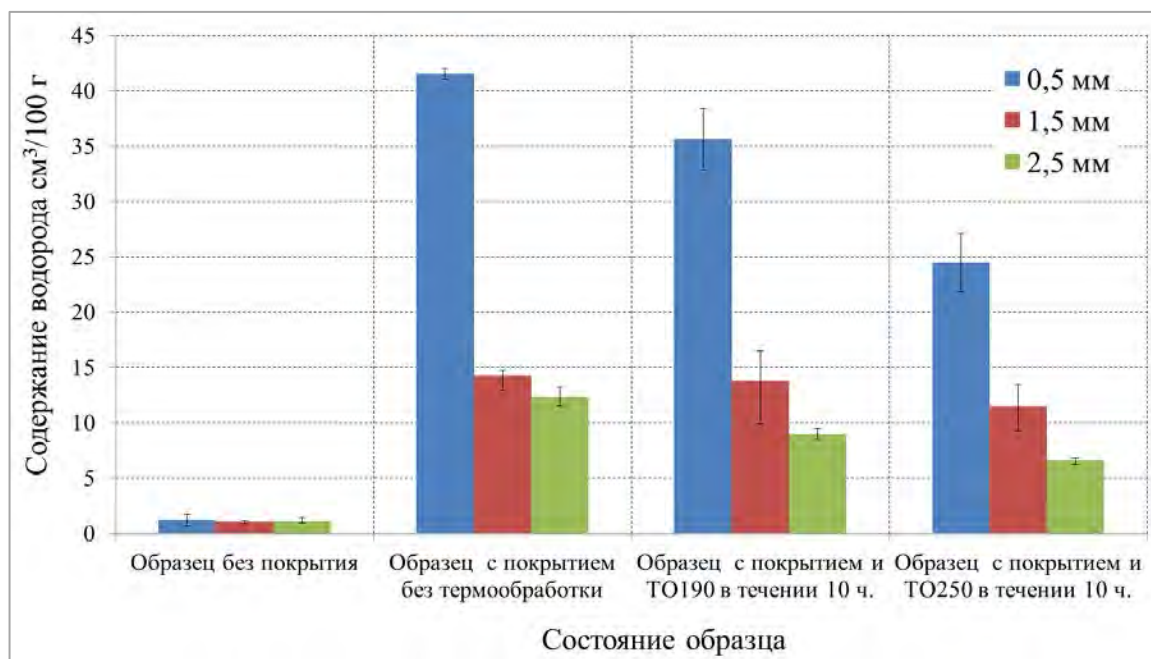


Рис. 2. Содержание водорода в образцах стали 70 в зависимости от состояния и толщины образца.

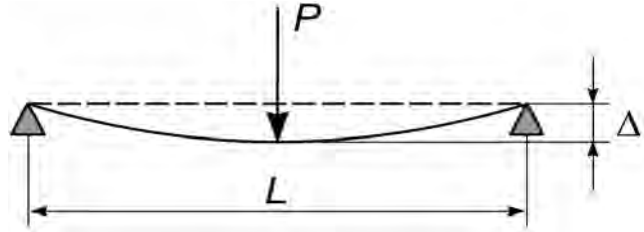
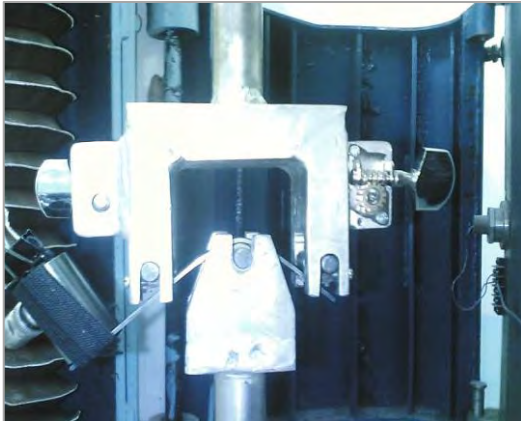


Рис. 3. Внешний вид устройства для статических механических испытаний на трехточечный изгиб и схема, моделирующая условия статического нагружения.

При низкой скорости деформирования, максимальной пластичностью (δ_{II}) обладают образцы без покрытия, содержание водорода в которых минимально. С повышением концентрации водорода, пластичность стали снижается и для образца с покрытием является наименьшей. Обезводороживание приводит к частичному восстановлению пластичности образцов, однако ни один из предложенных температурных режимов не позволяет вернуть стали исходные свойства. Кроме того, пластичность образцов обезводороженных при 190 и 250°C мало отличается друг от друга, несмотря на различное содержание водорода.

Для регистрации и анализа акустических сигналов применялась оригинальная акустико-эмиссионная система «ЭЯ-2». АЭ-система "ЭЯ-2" состоит из аппаратной и программной частей. В состав аппаратной части входит широкополосный пьезоэлектрический преобразователь (датчик АЭ) ПП, предварительный усилитель ПУ, коммутационная панель КП, плата "медленного" АЦП МАЦП с частотой дискретизации до 1000 Гц, панель внешних входов ВВ, плата "быстрого" АЦП БАЦП с частотой дискретизации от 390 кГц до 50 МГц. Программное

обеспечение состоит из двух основных частей: программ "Polygraph" и AE-recoder и пакета подпрограмм (DGT-View, DVN, Image). Внешний вид «ЭЯ-2» приведен на рис. 4.



Рис. 4. Внешний вид акустико-эмиссионной системы «ЭЯ-2».

В процессе испытаний образцов на трехточечный изгиб регистрировали дискретные сигналы АЭ по превышению порога и непрерывное изменение U_{RMS} (среднее квадратичное значение сигнала на выходе датчика АЭ). Число сигналов АЭ, зарегистрированных в процессе эксперимента (N_{Σ}) для образцов с покрытием при всех скоростях деформирования тем больше, чем выше в них содержание водорода. При этом N_{Σ} для образцов без покрытия всегда несколько больше, чем для образцов с покрытием и ТО250.

С уменьшением скорости деформирования всех образцов N_{Σ} растет, причем тем сильнее, чем выше в них содержание водорода.

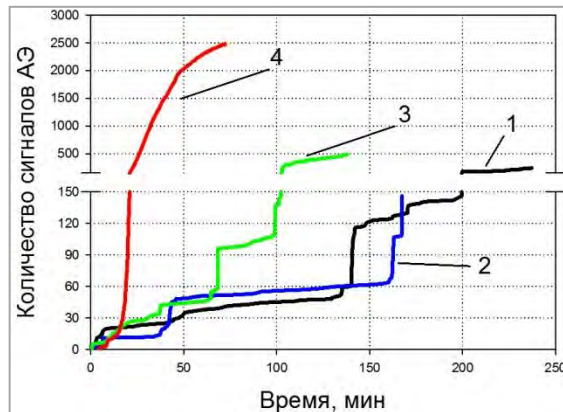


Рис. 5. Накопление сигналов АЭ в процессе испытания на трехточечный изгиб образцов стали 70: 1 - без покрытия; 2 - с покрытием и ТО250; 3 - с покрытием и ТО190; 4 - с покрытием без ТО толщиной 1,5 мм при $\dot{\epsilon}=3 \cdot 10^{-6} \text{с}^{-1}$.

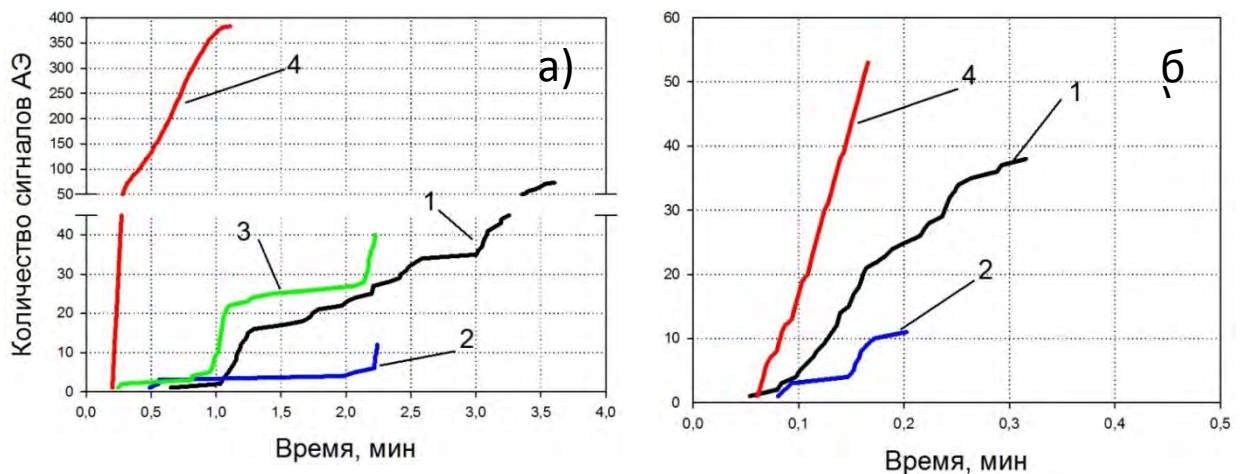


Рис. 6. Накопление сигналов АЭ в процессе испытания на трехточечный изгиб образцов стали 70 в различных состояниях (1 – без покрытия; 2 – с покрытием и обезводороживанием при 250°C; 3 – с покрытием и обезводороживанием при 190°C; 4 – с покрытием, без обезводороживания) толщиной 1,5 мм при $\dot{\epsilon}=3 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$ (а) и $\dot{\epsilon}=3 \cdot 10^{-3} \text{с}^{-1}$ (б).

Увеличение скорости деформирования образцов до $3 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$ не приводит к существенному изменению кинетики накопления сигналов АЭ (рис. 5а). Наблюдаются все те же закономерности, которые были описаны выше для $\dot{\epsilon}=3 \cdot 10^{-6} \text{с}^{-1}$, однако интенсивность процессов накопления несколько снижается. В то же время при увеличении скорости деформирования еще на порядок отличия в кинетике накопления сигналов АЭ между образцами в различных

состояниях уменьшаются (рис. 6б). Тем не менее, при $\dot{\epsilon}=3 \cdot 10^{-3} \text{с}^{-1}$ $N_{\text{АЭ}}$ все же существенно зависит от содержания водорода.

Таким образом, установлены следующие закономерности:

1. Кинетика накопления дискретных сигналов АЭ в ходе испытания образцов стали 70 с покрытием и без покрытия имеет скачкообразный характер.

2. Время между скачками $N_{AЭ}$ и продолжительность «тихой» зоны перед первым скачком $N_{AЭ}$ сокращается тем сильнее, чем выше концентрация водорода в деформируемых образцах.
3. При увеличении скорости деформирования до $3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ отличия в кинетике накопления сигналов АЭ между образцами в различном состоянии уменьшаются, однако $N_{AЭ}$ все же существенно зависит от содержания водорода.

При достижении некоторого критического напряжения $\sigma_{AЭ}$, которому соответствует нагрузка $P_{AЭ}$ начинается рост числа сигналов АЭ, скорость которого растет пока не достигнет

постоянного значения при напряжении $\sigma_{AЭ}^*$ ($P_{AЭ}^*$). Этому значению напряжения соответствует также вершина пика U_{RMS} . Скорость накопления сигналов АЭ остается постоянной до момента, как показано аппроксимирующими прямыми АВ и CD, точно соответствующего пределу пропорциональности $\sigma_{пл}$ (при нагрузке $P_{пл}$) поверхностного слоя в точке образца, находящейся посередине между опорами. При дальнейшем увеличении нагрузки $N_{AЭ}$ постоянно снижается вплоть до разрушения образца. В тоже время энергия АЭ (U_{RMS}) непрерывно снижается, начиная с $P_{AЭ}^*$, а затем за относительно небольшое время до разрушения при $P_{пр}$ начинает резко расти пока образец не сломается.

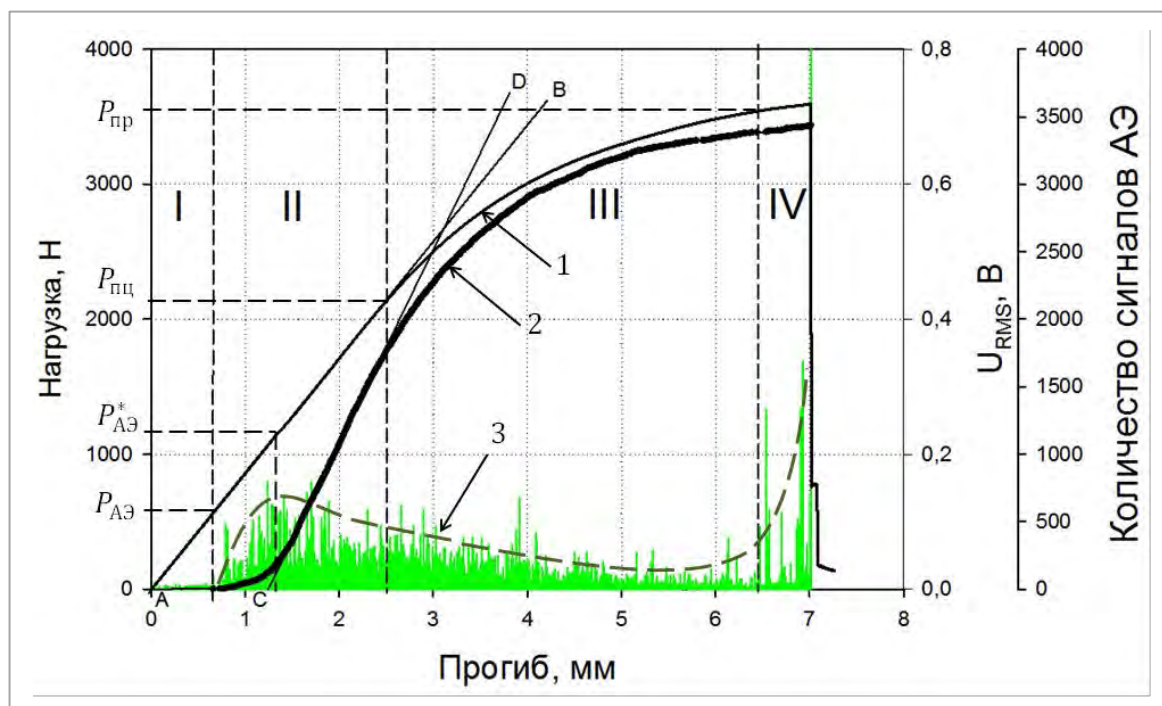


Рис. 7. Стадийность накопления сигналов АЭ в процессе испытания образца стали 70 с покрытием без ТО толщиной 2,5 мм при $\dot{\epsilon} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$.

Таким образом, на рис. 7 можно условно выделить 4 характерных стадии: I – инкубационный период (активность АЭ минимальна, происходит зарождение микротрещин), II – стадия максимальной активности АЭ (скорость роста трещины сначала возрастает, а затем достигает

постоянного максимального значения), III – стадия снижения активности АЭ (рост трещины замедляется) и IV – стадия предразрушения и разрушения (увеличивается длина скачков трещины).

На основе полученных результатов можно говорить, что



гальваническое цинкование образцов стали 70 приводит к их наводороживанию и как следствие к развитию в них обратимой водородной хрупкости. При этом обезводороживание в течение 3 ч при 190 и 250°C, как правило, не возвращает стали исходные свойства. Более того, даже того водорода который содержится в стали 70 до цинкования (~1 см³/100 г) уже достаточно для ее охрупчивания.

Акустическая эмиссия в процессе испытания образцов стали 70 с цинковым покрытием на трехточечный изгиб в основном не связана с пластической деформацией, а является следствием отдельных актов микроразрушения. Поэтому с увеличением влияния

водорода на пластическую деформацию стали (при увеличении его концентрации и снижении скорости деформирования) количество дискретных сигналов АЭ растет.

Наиболее ярко ВХ отражается на характере АЭ при относительно низких скоростях деформации, которые характерны для условий эксплуатации большинства тяжело нагруженных ответственных конструкций и деталей. Исходя из этого, наиболее удачным применением полученных данных может быть разработка методики неразрушающего контроля для стальных элементов работающего оборудования, подверженных риску разрушения из-за вредного воздействия водорода.

Литература

1. Колачев Б.А., Водородная хрупкость металлов / Б.А. Колачев. - М. : Metallurgia, 1985. – 216 с.
2. Стали и сплавы. Методы определения газов: ГОСТ 17745-90 - Введ. 01.07.91. - М. : Изд-во стандартов, 1990. - 12 с.
3. Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения: ГОСТ 27655-88 - Введ. 01.01.1989. - М. : Изд-во стандартов, 1988. - 12 с.
4. Разуваев А.А., Использование метода акустической эмиссии для контроля состояния и структурных изменений в материалах и покрытиях: Дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Тольятти, 2002.
5. Мешков Н.К., Водород в металлах и сплавах / Н. К. Мешков, В. И. Холодный // Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология" АЭЭ. - 2004. - № 2(10). – С. 42.
6. Мерсон Д.Л., Связь механических характеристик стали 35Г2 с содержанием водорода и параметрами акустической эмиссии / Д. Л. Мерсон [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2008. – № 2. – С. 57-60.



ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДНИЦ РВС. ВИБРОАКУСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ.

УДК 624.014; 624.953

Ширяев А.М	К.т.н., эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Краснов Б.А.	К.т.н. эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Корнилов В.В	Начальник отдела ООО «Промтехэкспертиза»
Малеев О.А.	Зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Марков М.А.	зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Максимов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»

11.11.2015

Излучение от течи носит характер квазинепрерывной эмиссии, характеризующейся случайным наложением одиночных всплесков АЭ активности различной амплитуды и длительности. Наиболее простым методом локации источников таких сигналов является их амплитудная дискриминация для преобразования квазинепрерывной эмиссии в дискретную и последующая точечная локация по разности времен прихода (РВП) импульсов. При этом время прихода определяется, как правило, по переднему фронту импульса. Однако сильная дисперсия приводит к «размытости» переднего фронта и большей погрешности локации, а необходимость амплитудной дискриминации уменьшает выявляемость дефектов. Поэтому на практике более распространен метод локации основанный на вычислении РВП по амплитуде сигнала, или по функции кросскорреляции. В последнем случае не требуется наличия переднего фронта.

Здесь необходимо уточнить, что данная процедура составляет основу

виброакустического корреляционного контактного течеискания линейных протяженных объектов – трубопроводов. Виброакустический контроль относится к методу акустической эмиссии, является пассивным и интегральным. Вообще говоря, ВА контроль используется не только для диагностики течи, т.е. сквозных дефектов, но позволяет выявлять зоны коррозионного (эрозионного) износа и некоторые другие опасные для работоспособности объекта контроля дефекты задолго до разрыва и образования течи [1]. Одним из достоинств ВА контроля является отсутствие необходимости изменения давления в объекте контроля и возможность его использования в процессе эксплуатации в режиме мониторинга.

Виброакустический корреляционный контроль герметичности широко и успешно используется для локализации течи на трубопроводах и связан с анализом двух виброакустических сигналов, регистрируемых двумя разнесенными

датчиками. Каждый из этих сигналов после предварительной обработки (усиление, фильтрация и др.) оцифровывают через равные интервалы времени (шаг дискретизации) для получения временных рядов соответствующих значений (выборок). Эти «выборки сигналов» используют для последующей обработки и анализа. В частности, для выделения полезной информации используют средства спектрального (амплитудно-частотного) и корреляционного анализа, производя накопление и усреднение случайных стохастических сигналов для разных выборок.

Акустический сигнал, распространяясь по объекту контроля, претерпевает задержку на интервал времени t . Этот интервал времени можно найти, определив взаимную корреляционную функцию $Q(t)$ (кросскорреляцию) сигналов в двух разных точках объекта контроля по локальному максимуму (пику) функции корреляции Q_{max} , который имеет место при задержке, равной:

$$t = d/c, \quad (1)$$

где d – расстояние между точками установки датчиков, c – скорость распространения сигнала (скорость звука) [2].

По частотным спектрам сигналов в двух точках вычисляют взаимную спектральную плотность (кросспектр), который связан с кросскорреляцией. Для оценки количественной связи сигналов в двух разных точках используют функцию когерентности, которую получают из кросспектра и частотных спектров исследуемых сигналов [2].

В отличие от высокочастотных ультразвуковых сигналов, используемых при АЭ контроля, низкочастотные звуковые сигналы из-за меньшего затухания звука на низких частотах распространяются на сравнительно большие расстояния. Однако в условиях

высоких производственных шумов, наиболее значительных в области низких звуковых частот, соотношение «сигнал-шум» уменьшается и для выделения информации о дефектах необходимо проводить «накопление информации» и использовать методы статистического анализа, эффективные в условиях стационарных случайных процессов акустического излучения от течи. При этом для некоторых задач (как в случае диагностирования герметичности днищ РВС) можно отказаться от необходимости использования дорогой многоканальной аппаратуры, упрощая задачу кампановки измерительной системы.

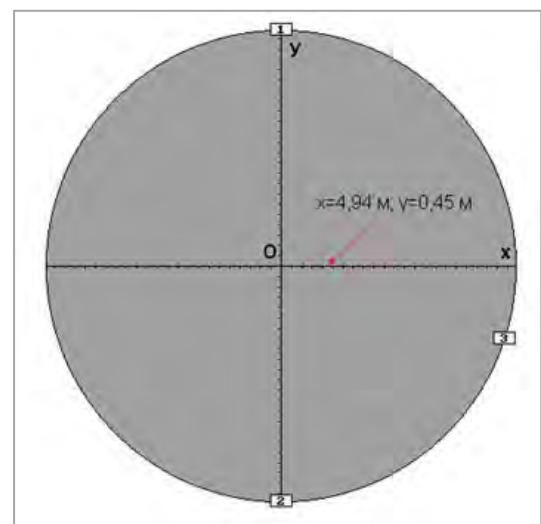


Рис. 1. Локационная развертка днища РВС-20000. Номера точек размещения датчиков обозначены арабскими цифрами.

Цена деления осей координат равна 1м. Получено по триангуляции источников виброакустического контроля, указанных в таблице 1. Месторасположения источника указано кружком со штрихом.

В качестве примера рассмотрим результаты виброакустического диагностирования днища РВС-20000 объемом 20 тыс.куб.м, диаметром 45,6м.

Виброакустическая диагностика днища проводилась при постоянном уровне налива воды 10м с использованием 2-х канального автоматизированного корреляционного течеискателя Т-2001М (Инкотес, г. Нижний Новгород), при двух установках датчиков на выступающей части окрайки днища. Схема размещения датчиков приведена на рис.1, номера датчиков обозначены арабскими цифрами. При первой установке датчики устанавливали в диаметрально противоположных точках 1 и 2 на расстоянии 45,6 м. Во второй – один датчик оставался в точке 1, а другой - перенесли в точку 3, находящуюся на окрайке днища на расстоянии (по прямой) 37,3 м.

При первой установке датчиков производилась регистрация тестового воздействия от имитатора течи, описанного ранее в Сообщении I,

установленного на окрайке днища вблизи точки 2. Диаметр отверстия имитатора течи составлял 1 мм, начальное давление струи воды – 0,1 МПа, а продолжительность тестового воздействия – 2 сек. За это время спад давления от расхода воды не превышал 5% от начального значения. Параметры регистрации ВА аппаратуры составляли:

- верхняя частота полосы пропускания $f_{max}=10$ кГц;
- число точек (отсчетов) в одной записи – 2048;
- число записей, используемых для усреднения – 30;
- число линий спектра – 500;
- разрешение по частоте – 20 Гц;
- время измерения одной выборки – 0,05 сек;
- общее время измерения, не включая время на обработку – 1,5 сек.

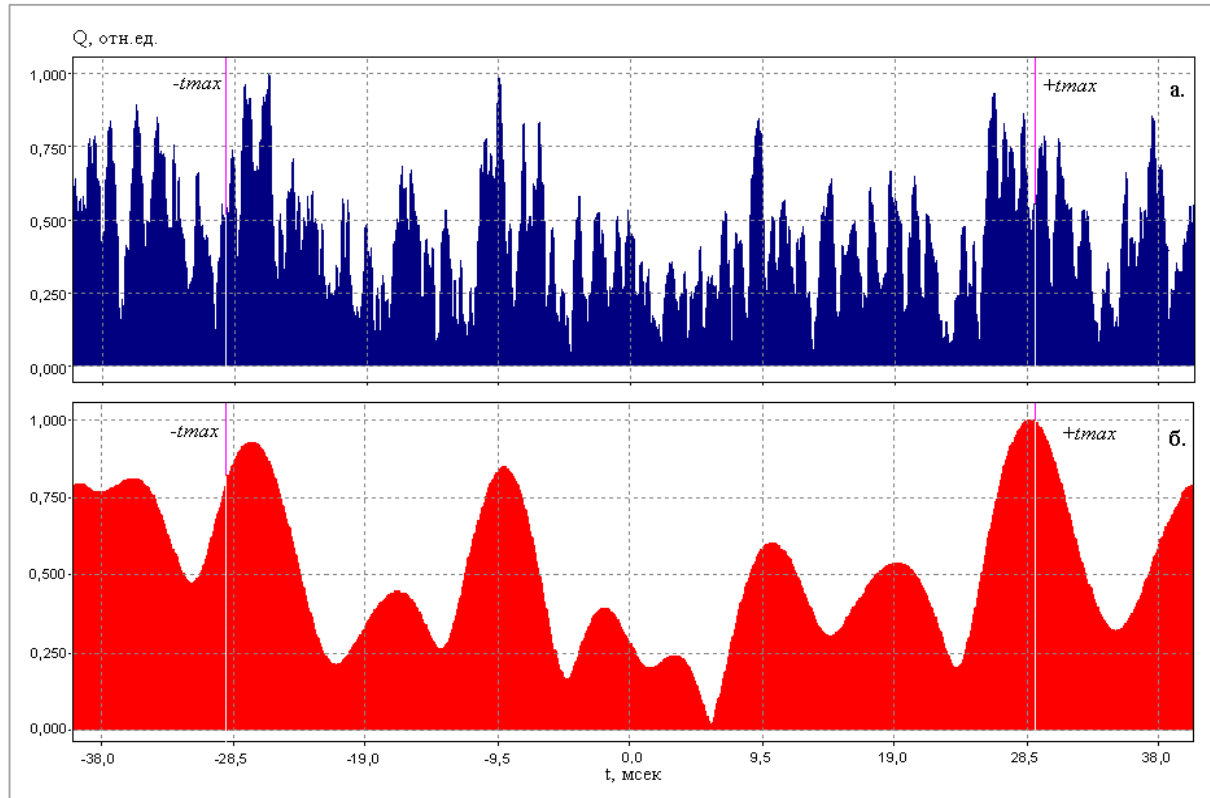


Рис. 2. Графики исходной (а) и расчетной (б) кросскорреляции, полученные при по результатам тестового воздействия имитатором течи в точке 2 при установке датчиков 1-2.

На рисунке 2 приведены графики исходной (а) и расчетной кросскорреляции (б) при тестовом воздействии имитатором течи в точке 2, нормированной к максимальному значению. Первый график получен для полосы пропускания от 0 до f_{max} . Как видно, исходная кросскорреляция отражает случайную природу виброакустического излучения и характеризуется множеством пиков (всплесков), наибольшие из которых равны или близки к единице, высота и интенсивность которых (число пиков в единичном интервале изменения времени задержки) являются случайными величинами. Для выделения полезного сигнала можно использовать частотную фильтрацию с полосой анализа 225 Гц и центральной полосой 350 Гц и «пересчитать» кросскорреляцию (см. рис.2,б). Как видно, частотная фильтрация приводит к сглаживанию и перераспределению энергии основных пиков: максимальный с $Q=1$ с высокой воспроизводимостью регистрируется при задержке $t=30,1$ мсек, что при заданном расположении источника соответствует скорости звука 1515 м/сек. Это значение немного превышает нормативное 1450 м/сек, но демонстрирует хорошую точность локации источников. Однако, кроме указанного, наблюдаются другие пики кросскорреляции с высотой несколько ниже 1, которые необходимо отнести к сигналу или к шуму, связанному с особенностями проведения контроля.

Поскольку в данном случае на графике функции когерентности нет всплесков с высотой, превышающей 0,25 отн.ед., т.е. статистически значимая связь сигналов датчиков 1 и 2 отсутствует, остается открытым вопрос о критерии выявления сигнала из шумов, что, в конечном итоге, определяет достоверность и выявляемость контроля.

Поскольку виброакустические сигналы имеют случайный стохастический характер, что отражается на графике кросскорреляции, для ответа на этот вопрос можно воспользоваться результатами статистического анализа, так называемых, «выпадающих» результатов или «грубых промахов» измерений, которые обычно цензурируют (исключают). В данном случае – напротив: источник связан с максимумом кросскорреляции, соответствующие пики кросскорреляции являются признаком сигналов, а прочие – составляющими случайных шумов, подлежащих дискриминации. При этом шум характеризуется большей дисперсией нежели полезный сигнал, поскольку зависит от большего числа случайных факторов и их суперпозиции. Фактом регистрации является превышение сигналом уровня шумов, поэтому оценку надежности контроля можно проводить по вероятности этого события.

В соответствии с рекомендациями статистического анализа «грубых промахов» (см., например, [3]), по данным измерений пиков кросскорреляции необходимо составить вариационный ряд

$$Q_1 < Q_2 < \dots < Q_i < Q_{i+1} < \dots < Q_K < Q_{K+1} < \dots < Q_{max}=1, \quad (2)$$

где Q_1 – наименьший и Q_{max} – наибольший члены соответственно. После этого рассчитывается соотношение

$$r_K = (Q_K - \langle Q \rangle) / s \quad (3)$$

и вычисляется интервал, в котором заключены «нормальные результаты» (соответствующие шуму):

$$r_K < t_{P,K-1}, \quad (4)$$

где

$$\langle Q \rangle = \left(\sum_{i=1}^k Q_i \right) / K, \quad (5)$$

$$s^2 = \sum_{i=1}^k [Q_i - \langle Q \rangle]^2 / (K-1), \quad (6)$$

$t_{P,K-1}$ – коэффициент Стьюдента для заданной надежности P и $(K-1)$ -ой

степени свободы (коэффициент табулирован в таблицы и можно найти в любом статистическом справочнике).

Значения $Q_{K+1}, Q_{K+2}, \dots, Q_{max}=1$, выходящие за границы доверительного интервала (3) принимаются в качестве сигнала и используются для анализа.

Применительно к интерпретации результатов тестового воздействия по линейной схеме (см. рис.2,б) можно отметить, что 3 наибольшие пика кросскорреляции из 8 пиков, попадающих в зону объекта контроля, выходят за границы 95%-го доверительного интервала для Q . Самый большой из них с $Q=1$ при скорости звука 1515 м/с совпадает с

расположением имитатора. Принадлежность 2 остальных наибольших пиков не идентифицирована. Указанные результаты измерения скорости звука используются в дальнейшем для триангуляции источников сигналов на днище при проведении контрольных измерений.

После регистрации тестового воздействия проводилась контрольные измерения по линейной схеме при установках датчиков 1-2 (удаление 45,6м) и 1-3 (удаление 37,3м). Единственное отличие параметров контрольных измерений от тестового состояло в увеличении числа усреднений с 30 до 100.

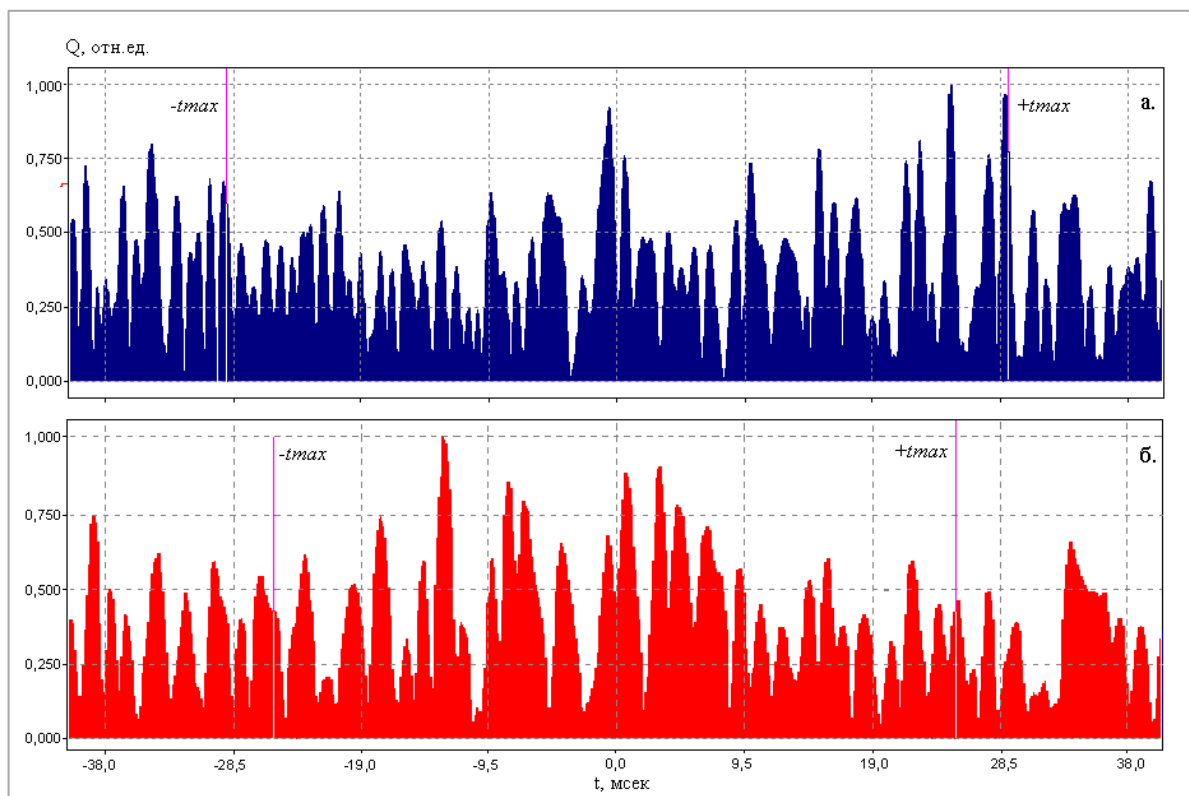


Рис. 3. Графики расчетной кросскорреляции, полученные по результатам контрольных измерений при установках датчиков 1-2 (а) и 1-3 (б).

На рис.3 приведены графики расчетной кросскорреляции, полученные после частотной фильтрации, на которые нанесены соответствующие временные интервалы $[-tmax; +tmax]$ изменения

времени задержки t , определяющие границы объекта контроля. Как видно из рисунков, внутри этих интервалов находится несколько пиков, наибольшие из которых равны и близки к 1, однако

вид функции когерентности, как и в случае тестового воздействия, указывает на отсутствие значимой статистической связи сигналов двух датчиков.

Поэтому для анализа случайных сигналов использовался приведенный выше алгоритм, который, в частности, позволил выделить 3 пика из 52 для установки 1-2 и 4 пика из 29 – для установки 1-3, выходящие за границы 95%-х доверительных интервалов значений Q . Соответствующие этим пикам значения времени задержки t прихода сигнала ко второму датчику

относительно времени прихода сигнала к первому датчику указаны в таблице 1 и используются для триангуляции источников на днище, координаты которых указаны в метрах и соответствуют схеме на рис.1. Вместе с временем задержки t , указанным в миллисекундах, в скобках приведены значения соответствующих пиков Q кросскорреляции в относительных единицах. Прочерком отмечены случаи, когда решение задачи триангуляции на днище отсутствует.

Табл. 1. Параметры пиков расчетной кросскорреляции для двух установок датчиков и расчетные координаты источников на днище.

1-3	-12,61	-7,93	0,71	3,03
1-2	(1,00)	(0,86)	(0,89)	(0,90)
-0,58 (0,93)	-	-	-	4,94; 0,45
+24,27 (1,00)	-	-	-	-
+28,24 (0,97)	-	-	-	-

Результаты расчета составляющих надежности контроля для трех измерений, указанных выше, приведены в таблице 2. Как видно, вероятность регистрации W источника по линейной схеме зависит от соотношения составляющих сигнала и шумов и достигает достаточно высоких значений. Так, несмотря на то, что при контрольном измерении 1-3 расстояние между датчиками меньше, из-за шумов объекта контроля надежность W при контрольном измерении 1-2 существенно выше. Суммарную надежность виброакустического контроля при планарной локации источников на днище, получим по правилу

перемножения вероятностей независимых событий, соответствующих двум контрольным измерениям 1-2 и 1-3. В рассматриваемом примере она превышает 84% (соответствующие значения W выделены жирным шрифтом). Необходимо отметить, что для локации источников излучения здесь использовались не самые высокие пики кросскорреляции с $Q < 1$.

По этим результатам можно сделать вывод о высокой достоверности, выявляемости и хорошей точности локации дефектов виброакустического контроля герметичности днищ РВС. При этом, хотя предельная точность АЭ локации источников значительно выше, чем в случае виброакустического контроля, однако реальная погрешность

локации ВА контроля вполне приемлема, с практической точки зрения, для последующего использования традиционных инструментальных методов. В рассматриваемом случае она не превышает 1 м: после тщательной зачистки и вакуумирования в месте, указанном по результатам ВА контроля, в основном металле были обнаружены сквозные коррозионные язвы диаметром от 2 до 4 мм, внешний вид которых приведен на рис.4.

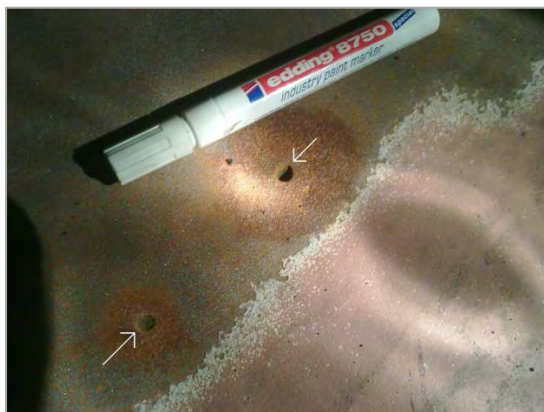


Рис. 4. Внешний вид дефектов герметичности днища РВС-20000 (обозначены стрелками).

В заключение необходимо отметить несомненную перспективность совместного использования для диагностики днищ РВС рассмотренных выше методов неразрушающего контроля, особенно для проведения мониторинга в режиме эксплуатации резервуаров.

Литература

1. Ширяев А.М. Использование современных научных методов проведения обследований на ОПО (методы акустической эмиссии, акустической томографии и магнитной памяти металла).- Промышленность и безопасность, 2012, №12, с.44-48.
2. Добрынин С.А. и др. Методы автоматизированного исследования вибрации машин: Справочник.- М.: Машиностроение, 1987.
3. Долинский Е.Ф. и др. Обработка результатов измерений.- М.: Изд-во стандартов, 1973.
4. Ширяев А.М. Алгоритмы, критерии и расчетные формулы для визуализации источников акустической эмиссии.- Дефектоскопия, 2005, №3, с.36-42.
5. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Анализ данных на компьютере/ Под ред. В.Э. Фигурнова.- М.: ИНФА-М, Финансы и статистика, 1995.



ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ СОСУДОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ

УДК 621.791; 620.179

Ширяев А.М	К.т.н., эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Егоров П.А.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Морозов Б.П.	Начальник отдела, эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Малеев О.А.	Зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Марков М.А.	зам. начальника отдела, эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»
Максимов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности ООО «Промтехэкспертиза»

11.11.2015

Проблема продления срока службы сосудов и аппаратов, отработавших проектный срок, остается актуальной и приоритетной для многих отраслей отечественной промышленности.

Как известно, усталостью называется процесс постепенного накопления повреждений в материале под действием переменных напряжений и деформаций, приводящий к изменению свойств, образованию трещин и разрушению. Усталостное разрушение происходит, как правило, без заметной пластической деформации. Механизм усталостного разрушения чрезвычайно сложен, и многие его детали остаются пока неясными. Согласно современным представлениям, усталостное разрушение непосредственно связано с неоднородностью строения материалов, заключающейся в случайных вариациях механических свойств, размеров и очертаний отдельных зерен металла, направлений их кристаллографических

плоскостей, наличием неоднородных фаз, включений, дефектов кристаллической решетки (вакансий, дислокаций), остаточных напряжений.

Цель настоящей работы состояла в проведении комплексных натурных исследований дефектов, структуры, акустических и магнитных параметров основного металла и сварных соединений сосудов из аустенитной стали 12X18H10T, эксплуатирующихся в составе технологических установок в условиях криогенных температур и циклических нагрузок, для диагностирования усталости.

1. Методика проведения исследований.

Методика исследований и технического диагностирования в целом соответствовала требованиям [1] и других нормативных документов (НД) по промышленной безопасности. При составлении программы технического диагностирования учитывалась высокая наработка диагностируемых сосудов,



превышающая $5 \cdot 10^5$ циклов изменения давления от значения, близкого к нулю, до максимального разрешенного давления, наличие группы из более двух десятков однотипных сосудов с практически одинаковыми условиями эксплуатации, крупномасштабность объектов контроля и условия ограниченного доступа к их поверхности.

Остановимся наиболее подробно на методах технического освидетельствования, направленных и связанных с диагностированием усталости, отметив, что в качестве базового метода неразрушающего контроля сварных соединений и основного металла в настоящей работе, в соответствии с [2], использовался метод акустической эмиссии (АЭ) [3]. Поскольку особенности диагностирования усталости и, в частности, контроля развивающихся усталостных трещин (РУТ) не нашли детального отражения в этом документе, при проведении АЭ контроля использовались представления, развитые в научно-исследовательских работах и, в частности, в работах [4-5] одного из авторов, посвященных АЭ диагностике усталости труб магистральных нефтепроводов.

Процесс усталости носит локальный характер и определяется амплитудными значениями напряжений и деформаций. Наиболее подвержены усталостному разрушению сварные соединения. Предварительный анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) исследуемых сосудов позволил выделить потенциально опасные участки возможного возникновения усталостного разрушения (сварные соединения штуцеров большого диаметра). Для анализа НДС в выделенных узлах использовались расчетно-экспериментальный подход, в рамках которого результаты расчетов, полученные с использованием численной

процедуры метода конечных элементов, корректировались по данным натурного тензометрирования в контрольных точках. Такой подход позволил учесть дополнительные силовые воздействия на сосуд со стороны трубопроводной обвязки и повысить достоверность результатов расчетов для внутренних точек недоступных для проведения тензометрии. Методика проведения натурной тензометрии соответствует требованиям [6].

По результатам АЭ контроля в зонах локализации активных источников и источников АЭ с признаками развивающихся усталостных трещин (РУТ) проводился дополнительный дефектоскопический контроль (ДДК), который включал тщательный визуально-измерительный, капиллярный и ультразвуковой контроль сварных соединений и примыкающих к ним зон основного металла, металлографический анализ, измерения динамической твердости, структурно-чувствительные электромагнитные и акустические исследования.

Ультразвуковой контроль проводился с применением технологии фазированных решеток. Использовался томограф «OmniScan» OMNI-P-PA1664M с призмой Olympus SA2-N55S Dual 5L64 и преобразователем 5L64-A2 с фазированной решеткой.

Подготовка микрошлифов проводилась непосредственно на объекте с помощью шлифовально-полировальной машины «Аккупол». Для травления использовался 10%-ом водном растворе щавелевой кислоты. Исследование микроструктуры проводилось портативным металлографическим комплексом «МикроМет».

Электромагнитные исследования проводились вихрековым дефектоскопом ВД-70 с датчиком ПН-10-ТД-С-002 в режиме сканирования. Балансировка выполнялась в зоне

основного металла вдали от зоны локального термического влияния и сварных соединений.

Акустические исследования базировались на измерениях динамических коэффициентов Пуассона, проводились на разных расстояниях от сварного шва. Значения коэффициентов Пуассона рассчитывали по времени распространения упругих волн. Абсолютное значение погрешности определения коэффициентов Пуассона не превышало $3 \cdot 10^{-4}$.

Методика электромагнитных и акустических исследований подробно описана в работах [9, 10].

Обнаруженные и измеренные по ДДК несплошности анализировались по критериям и моделям механики разрушения с использованием результатов натурной тензометрии.

2. Результаты исследований и их обсуждение.

По предварительным результатам численного анализа НДС были выделены потенциально опасные зоны и элементы объектов контроля, наиболее склонные к малоцикловому усталостному разрушению. Эти результаты хорошо коррелируют с данными эксплуатации объектов контроля за период, превышающий 30 лет, и статистикой аварийности и ремонтов.

Технология проведения АЭ контроля опиралась на эти результаты и представления, развитые в работах [4-5] применительно к задаче диагностирования РУТ. Наиболее важным из этих представлений является воспроизводимость акустического излучения при повторно-статическом нагружении объекта контроля, характеризующаяся квазипериодическим

процессом акустического излучения, коррелирующим с накоплением и развитием системы микроповреждений в вершине усталостной трещины. Эту воспроизводимость можно использовать в качестве критерия наличия признаков РУТ в зоне локализации источников АЭ объекта контроля.

Указанные в [4-5] закономерности повторяют результаты работы [7], однако связывают с показателями опасности усталостной трещины (амплитудой коэффициента интенсивности напряжений) нагрузку и частоту регистрации скачков. Как было установлено, по мере продвижения к нестабильному состоянию и переходу к катастрофической нагрузке, при которой происходят скачки усталостной трещины, падает, а частота их регистрации, которая непосредственно связана с показателями выявляемости РУТ [5] возрастает. Эти параметры можно использовать для количественной оценки показателей опасности разных усталостных трещин при их диагностировании и мониторинга их состояния.

В качестве примера на рис.1 приведена локационная развертка участка поверхности объекта контроля, полученная при точечной локации источников АЭ (их индикации обозначены точками) антенной из 4 датчиков (обозначены двумя латинскими цифрами, первая из которых равна 0). Местоположение указанной зоны акустической активности точно совпадает с наиболее потенциально опасным участком на поверхности сосуда – сварным соединением штуцера большого диаметра с обечайкой вблизи сварного соединения днища с обечайкой

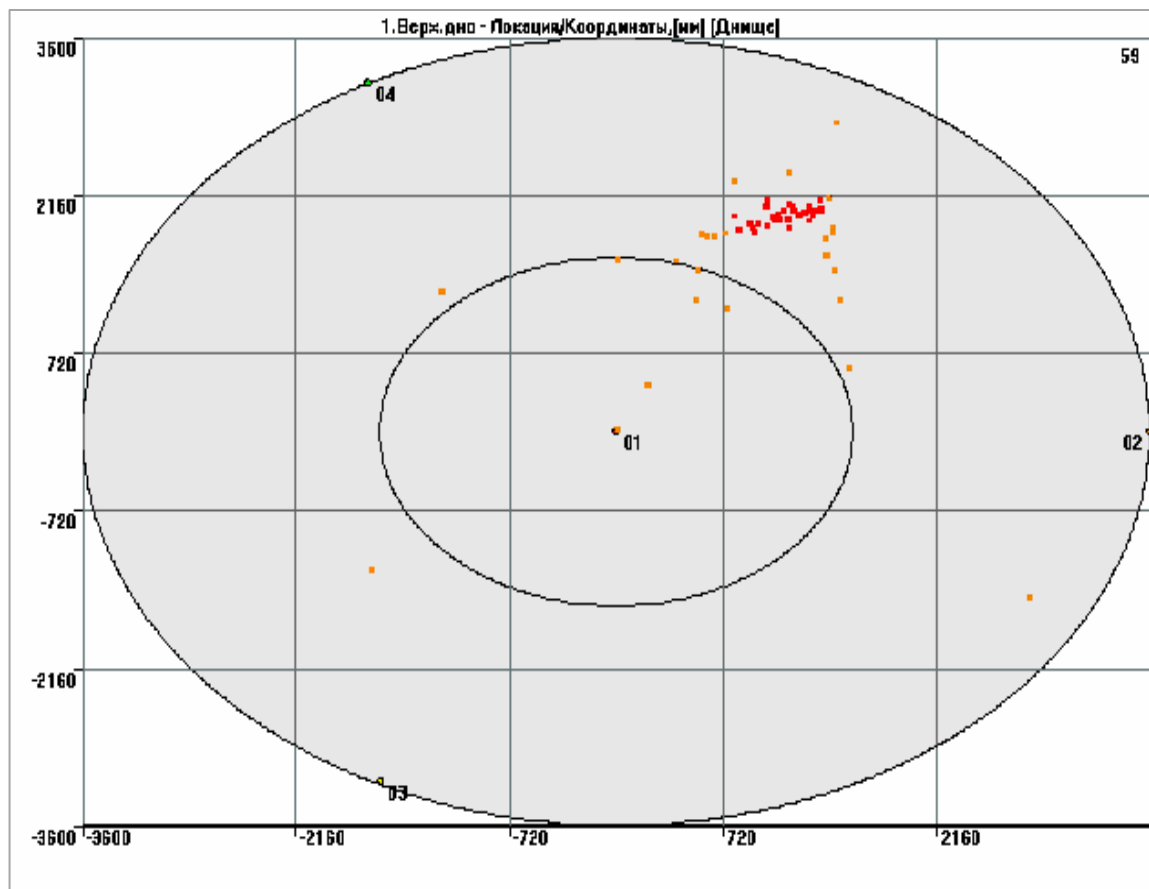


Рис. 1. Локационная развертка участка поверхности объекта контроля.

Кинетику накопления повреждений в указанной зоне характеризует рис.2, на котором приведены зависимости от времени величины испытательного давления (1), средней амплитуды (2), суммы импульсов (3) и активности АЭ (4) соответствующего рис.1 участка графика нагружения.

Как можно увидеть, с ростом нагрузки наблюдается экспоненциальный рост числа импульсов при небольшом нарастании уровня средней амплитуды импульсов АЭ. Расчет параметра классификации m локально-

динамического критерия для участка $a-b$ графика нагружения с помощью методов линейного регрессионного и корреляционного анализа, согласно [8], для степенной зависимости:

$$N_{\Sigma} = aP^m,$$

где N_{Σ} – число импульсов, зарегистрированных ближайшим к источнику АЭ датчиком, P – испытательное давление, $a = const$, позволяет получить $m > 6$, что характерно для критически активного источника АЭ (III класс).

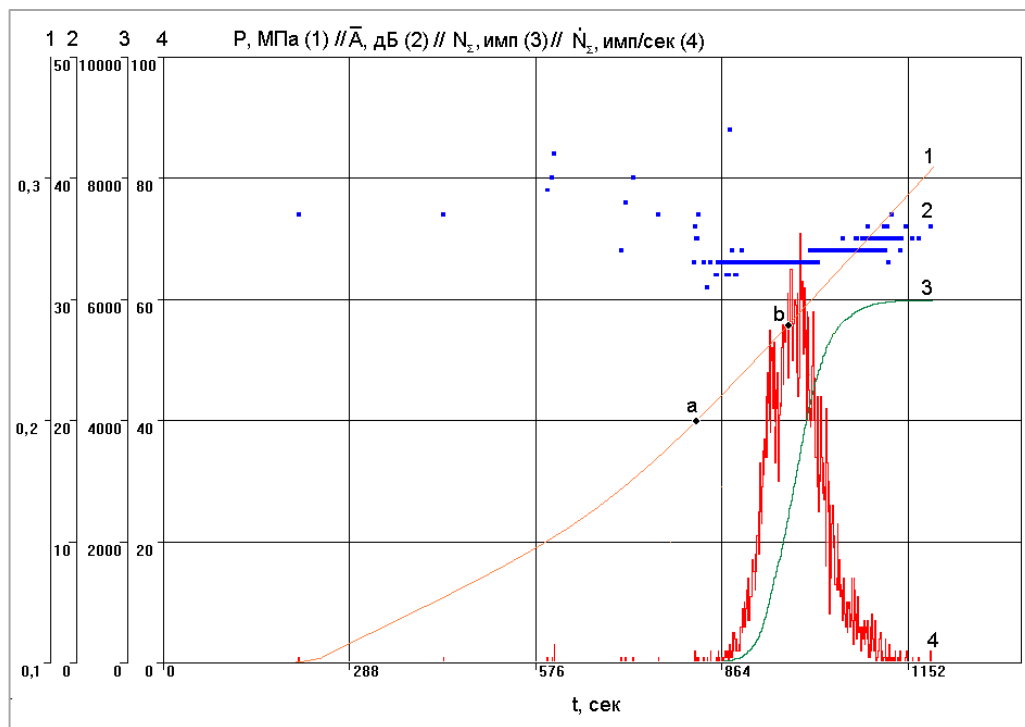


Рис. 2. Зависимости от времени величины испытательного давления (1), средней амплитуды (2), суммы импульсов (3) и активности АЭ (4) соответствующего рис.1 участка графика нагружения.

После прохождения точки *b* графика нагружения отмечается спад активности АЭ до уровня, приблизительно равного исходному, предшествующему участку *a-b*. Второй цикл испытательной нагрузки характеризуется повторением и воспроизводимостью соответствующих кинетических зависимостей параметров АЭ.

Подобные закономерности регистрировались многократно, в разных зонах, на разных сосудах и указывают на наличие источников АЭ с признаками РУТ. Они связаны с механизмами развития и роста усталостных трещин, могут быть интерпретированы с помощью представлений механики усталостного упруго-пластического разрушения [5] и позволяют как выявлять наличие, так и проводить оценки показателей опасности РУТ.

По результатам измерений динамической твердости, металлографи-

ческих, электромагнитных и акустических исследований основного металла и сварных соединений дефектов, выходящих на внешнюю поверхность сосудов, и признаков деградации металла в зонах акустической активности не выявлено. Прилегающие к сварному шву зоны основного металла не имеют существенных различий исследуемых акустических и электромагнитных параметров между собой и СОП. По результатам акустических и электромагнитных исследований были зарегистрированы одиночные «аномалии» протяженностью и шириной несколько миллиметров с соответствующими параметрами, кратно превышающими показания, полученные на СОП. Однако в результате дополнительного капиллярного и ультразвукового контроля в этих зонах дефектов не выявлено.

По результатам ДДК ультразвуковым методом практически во всех зонах, отмеченных по результатам АЭ контроля, зарегистрированы дефекты сварных соединений типа

«несплошностей» различной конфигурации, превышающие контрольный уровень и являющиеся недопустимыми согласно действующей НД.

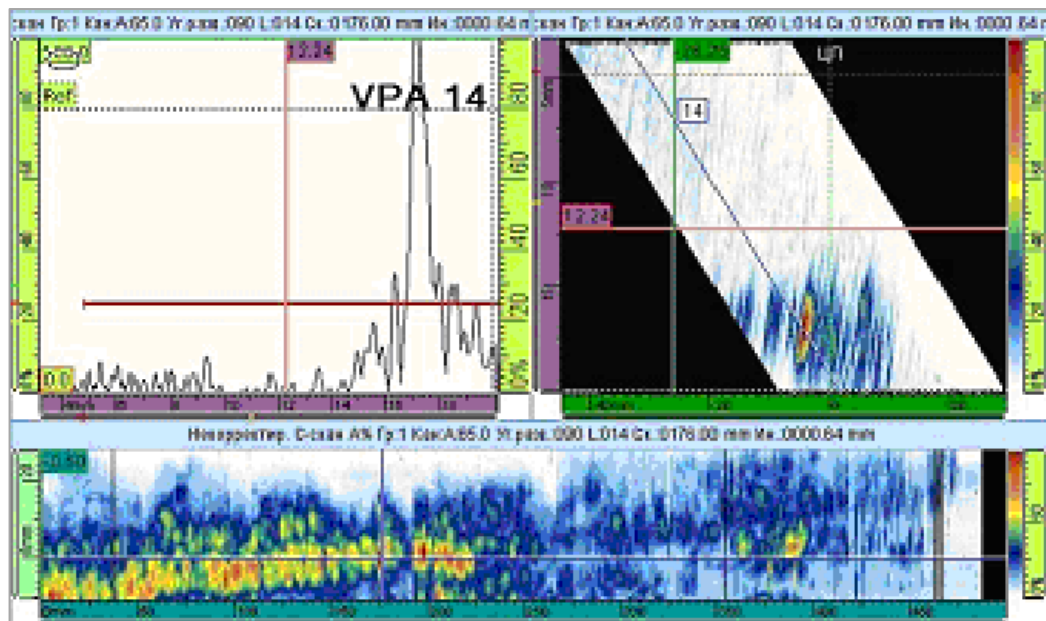


Рис. 3. Дефектограмма несплошности на глубине залегания 16,5 мм от внешней поверхности, условной протяженности 250 мм и шириной 3 мм.

В качестве примера, на рис.3 приведена дефектограмма «несплошности», зарегистрированной на глубине залегания 16,5 мм от внешней поверхности, условной протяженности 250 мм и ширина 3 мм.

К сожалению, факта наличия у выявленных дефектов признаков РУТ использованные методы ДДК проверить не могут.

Для оценки допустимости зарегистрированных дефектов были проведены расчеты на прочность, согласно [11], целью которых являлось определение допустимого числа циклов нагружения сосудов из условия усталостной прочности сварных швов с дефектами в виде несплошности.

Условия нагружения, принятые в расчете, характеризуются изменением внутреннего давления от некоторого минимального P_{min} до максимального

значения P_{max} , с заданной интенсивностью (числом циклов в сутки), которые соответствуют условиям эксплуатации. Расчетные характеристики прочности стали 12X18Н10Т приняты согласно [12] без учета низкотемпературного упрочнения, а характеристики циклической трещиностойкости стали - согласно [11]. Таким образом, в расчете использованы следующие характеристики:

- предел текучести: $\sigma_{02} = 235$ МПа;
- характеристики циклической трещиностойкости (параметры уравнения Пэриса):
 $C = 4,02 \cdot 10^{-11}$, $m = 2,9$.

Участки сварных швов, на которых по результатам УЗК выявлены дефекты, объединены в группы по величине напряжения, действующего по нормали к плоскости дефекта. Расчеты ресурса выполнены для наиболее

опасных дефектов по каждой группе сварных швов. Результаты расчетов приведены в таблице.

Как видно из расчета, ресурс участков сварных швов, имеющих дефекты в виде несплошностей металла с указанными размерами, при изменении внутреннего давления в сосудах от минимального P_{min} до максимального значения P_{max} , с заданной интенсивностью (числом циклов в сутки), которые соответствуют условиям

эксплуатации, составляет не менее $3,97 \cdot 10^5$ циклов с момента проведения контроля, что соответствует ресурсу 13,6 лет при частоте нагружения 80 циклов в сутки. Таким образом, обнаруженные дефекты могут быть признаны допустимыми при сохранении режима эксплуатации объектов контроля на срок не менее 13 (тринадцати) лет с момента пуска в эксплуатацию после диагностирования.

Табл. 1. Результаты расчетов циклической прочности.

Номер группы дефектов	Толщина стенки мм,	Факт. размер дефекта глубина x длина, мм	Размах напряжения, МПа	Допустимая глубина дефекта, мм	Допустимое число циклов нагружения	Ресурс в годах
1	20	2,5x250	44	5,86	$3,97 \cdot 10^5$	13,6
2	20	3x65	22	6,67	$3,2 \cdot 10^6$	109
3	10	2x6	35,75	3,33	$1,93 \cdot 10^6$	66
4	16	2x200	10,3	5,33	$3,2 \cdot 10^7$	1095
5	16	6x155	5,15	6,4	$7,59 \cdot 10^6$	260

Выводы.

1. В результате проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов зарегистрированы активные (II класс) и критически активные (III класс) источники акустической эмиссии, локализованные, в том числе, в окрестности потенциально опасных участков, установленных по анализу НДС. Некоторые из них воспроизводятся при повторно-статическом нагружении и имеют признаки развивающихся усталостных трещин, на основании чего сделано заключение о наличии источников акустической эмиссии, указывающих на возможность наличия опасных для условий эксплуатации развивающихся дефектов. В соответствии с [3], рекомендовано проведение дополнительного дефектоскопического контроля зон локализации источников АЭ, а также учитывать их наличие и месторасположение при продлении срока службы в условиях интенсивной циклической нагрузки.

2. В результате проведения комплексного дефектоскопического контроля визуальным-измерительным, капиллярным и ультразвуковым методом, а также металлографических, акустических и электромагнитных исследований сварных соединений и примыкающих к ним зон основного металла дефектов, выходящих на наружную поверхность, и признаков деградации металла не выявлено. Обнаружены дефекты сварных соединений типа «несплошностей» различной конфигурации, превышающие контрольный уровень и являющиеся недопустимыми согласно действующей НД.

3. Для оценки допустимости дефектов были проведены расчеты на прочность, по результатам которых обнаруженные дефекты могут быть признаны допустимыми при сохранении режима эксплуатации объекта контроля на срок не менее 13 (тринадцати) лет с



момента пуска в эксплуатацию после диагностирования.

Рекомендации.

С целью минимизации рисков внезапного нарушения герметичности объектов контроля при дальнейшей эксплуатации сосудов рекомендуется

периодическое наблюдение за развитием обнаруженных дефектов, которое может быть реализовано организацией периодического мониторинга в процессе (во время) эксплуатации методом акустической эмиссии.

Литература

1. РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов.- М., 2002.
2. РД 2082-19-98. Методика диагностирования технического состояния и определения остаточного ресурса сосудов, аппаратов и трубопроводов криогенной техники, отслуживших установленные сроки эксплуатации.- Балашиха, 1998.
3. ПБ 03-593-03. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов. - М., 2004.
4. Головинский А.Г., Киселев А.В., Коткис А.М., Хохлов Н.Ф., Ширяев А.М. Особенности акустической эмиссии от усталостных трещин в сварных соединениях труб нефтепроводов.- Дефектоскопия, 1990, №8, с.32-36.
5. Ширяев А.М., Хохлов Н.Ф., Камышев А.В. Акустико-эмиссионная диагностика дефектов магистральных нефтепроводов.- Дефектоскопия, Дефектоскопия, 1997, №9, с.53-60.
6. ПНАЭ Г-7-002-86. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. – М., 1986.
7. Рябов А.Н., Иванов В.И., Куранов В.И., Царев К.К. Распределение сигналов акустической эмиссии по нагрузке при развитии усталостной трещины.- Дефектоскопия, №4, с.93-95.
8. Ширяев А.М. Новая интерпретация локально-динамического критерия классификации источников акустической эмиссии.- Дефектоскопия, 1999, №8, с.69-72.
9. Мишакин В.В., Ключников В.А., Гончар А. В. Исследование процесса усталостного разрушения сварного соединения стали 08X18H10T акустическим и вихретоковым методами. - Прикладная механика и технологии машиностроения: сборник научных трудов, 2012, №2 (21), с.38–44.
10. Мишакин В.В., Митенков Ф.М., Данилова Н.В., Ключников В.А. Использование акустического метода для оценки поврежденности стали 08X18H10T при усталостном разрушении. - Контроль. Диагностика, 2012, №7, с.9-13.
11. М-02-91. Методика определения допускаемых дефектов в металле оборудования и трубопроводов во время эксплуатации АЭС.- М., 1991.
12. ОСТ 26-04-2585-86. Техника криогенная и криогенно-вакуумная. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность, устойчивость и долговечность сварных конструкций.- М., 1986.



ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

УДК 621.646

Бельшев В.Н.	Технический директор ООО «Протос Экспертиза»
Тукачёв А.В.	Главный инженер ООО «Протос Экспертиза»
Титов А.А.	Начальник отдела экспертиз технических устройств ООО «Протос Экспертиза»
Ефремова А.В.	Начальник отдела разработки и экспертизы документации ООО «Протос Экспертиза»
Богатова Н.М.	Эксперт, специалист по визуальному и измерительному контролю ООО «Протос Экспертиза».

12.11.2015

Для обеспечения надежности и эффективной эксплуатации технологического оборудования, используемого в нефтяной и газовой промышленности необходимо проводить экспертизу промышленной безопасности с определением остаточного ресурса технологического оборудования в соответствии с [1].

Экспертиза промышленной безопасности проводится с целью определения соответствия технических устройств требованиям промышленной безопасности, а также с целью определения возможности, условий и срока их дальнейшей безопасной эксплуатации. В настоящее время экспертиза промышленной безопасности проводится в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности».

Рассмотрим проведение экспертизы промышленной безопасности с определением остаточного ресурса на примере запорной арматуры – шарового

крана, установленного на магистральном газопроводе.

Кран – тип арматуры, у которой запирающий или регулирующий элемент, имеющий форму тела вращения или его части, поворачивается вокруг собственной оси, произвольно расположенной по направлению потока рабочей среды [3].

Кран является главным запорным органом для магистральных газопроводов и предназначен для полного открывания или закрывания потока вещества в обоих направлениях.

Шаровой кран – кран, запирающий или регулирующий элемент которого имеет сферическую форму [3].

При проведении экспертизы промышленной безопасности первоначальным этапом разрабатывается программа проведения работ в зависимости от вида, типоразмера арматуры, места ее установки на магистральном газопроводе. Согласно [10], данная программа содержит:

- основание для проведения работ;
- цели и задачи;



- перечень объектов и место проведения работ;
- сроки, период и условия проведения работ;
- порядок, виды и методологию проведения работ.

Программу проведения экспертизы промышленной безопасности утверждает руководитель экспертной организации и согласует ответственный за проведения работ со стороны эксплуатирующей организации.

В рамках проведения работ по экспертизе промышленной безопасности общем случае выполняется следующий комплекс работ:

- анализ технической (проектной, исполнительной и эксплуатационной) документации.
- визуальный и измерительный контроль.
- проверка функционирования.
- ультразвуковая толщинометрия.
- определение зон концентрации напряжений корпуса методом магнитной памяти металла.
- расчет на прочность.
- расчет остаточного ресурса.
- анализ результатов экспертизы, составление заключения о возможности, сроках и условиях дальнейшей безопасной эксплуатации объекта экспертизы.

Рассмотрим более подробно каждый вид работ.

Анализ технической (проектной, исполнительной и эксплуатационной) документации предусматривает получение следующей информации:

- о соответствии оборудования маркам и размерам, заложенным в проектно-технической документации, согласно паспортным данным на оборудование;
- о дате ввода в эксплуатацию;
- данных о неисправностях и проведенных ремонтах;

- сведения о режиме работы в процессе эксплуатации;
- принципиальная схема.

По результатам анализа составляется протокол, который должен содержать:

- перечень проанализированной документации;
- перечень оборудования и элементов, их технические характеристики и параметры;
- режимы работы и условия эксплуатации, перечень повреждений и отказов;
- соответствие предоставленной документации требованиям промышленной безопасности.

Визуальный и измерительный контроль проводится в соответствии с требованиями [9].

Визуальный контроль выполняется с целью подтверждения отсутствия поверхностных повреждений (трещин, коррозионных повреждений, деформированных участков, наружного износа элементов и т.д.) вызванных условиями эксплуатации.

Измерительный контроль оборудования производится с целью подтверждения соответствия геометрических размеров и допустимости повреждений, выявленных при визуальном контроле, требованиям стандартов и паспортов.

Визуальный и измерительный контроль выполняется до проведения контроля оборудования другими методами неразрушающего контроля.

При проведении визуального контроля проверяются:

- состояние уплотнительных поверхностей фланцев (поверхности уплотнительных прокладок должны быть ровными без вмятин и надрывов);
- отсутствие (наличие) механических повреждений поверхностей;



- отсутствие (наличие) формоизменения изделия (деформированные участки, коробление, провисание, выход трубы из ряда и другие отклонения от первоначального расположения);
- отсутствие (наличие) трещин и других поверхностных дефектов, образовавшихся в процессе эксплуатации;
- отсутствие растрескивания, эрозии и износа.

При измерительном контроле состояния основного материала определяются:

- размеры повреждений и дефектов (длину, ширину и глубину дефектов типа пор, шлаковых включений, непроваров корня шва, вмятин);
- размеры деформированных участков основного материала, возникших в результате деформаций при эксплуатации, включая следующие параметры:
 - овальность;
 - размеры зон коррозионного повреждения, включая их глубину;
 - эксплуатационные трещины.

Оценка величины и характера обнаруженных дефектов производится с учетом норм, установленных паспортами на оборудование, отдельные узлы и проектной документацией.

Результаты проведенного визуального и измерительного контроля оформляются протоколом.

Проверка функционирования обычно включает в себя:

- проверку работоспособности (совершение цикла перестановки);
- проверку герметичности по отношению к внешней среде.

По результатам оформляется протокол.

Ультразвуковая толщинометрия выполняется ультразвуковыми приборами,

отвечающими требованиями [7] и в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора.

Контроль толщины стенки проводится с целью:

- определения количественных характеристик утонения стенки элементов запорной арматуры;
- определения соответствия данных, указанных в сертификате на трубы, с данными, полученными результате измерения толщины стенок, установленных при монтаже, и сравнения этих данных с проектом. Результаты ультразвуковой толщинометрии используются для определения остаточного ресурса технических устройств.

Контроль толщины стенки элементов запорной арматуры проводится в соответствии со схемами контроля, а также в зонах интенсивного коррозионно-эрозионного износа.

Если при внешнем осмотре будут выявлены дефектные зоны (вмятины, выпучины, области интенсивной общей коррозии), а также если имеются места нестабильных показаний толщины, то необходимо проведение дополнительных измерений. Количество точек измерений зависит от размеров дефектной зоны и должно быть достаточным для получения достоверной информации о толщине стенки в зоне дефекта.

Результаты толщинометрии оформляются протоколом в табличной форме.

Определение зон концентрации напряжений корпуса методом магнитной памяти металла проводится в соответствии с [6].

Расчет на прочность выполняется в соответствии с [5], [10].

Расчет остаточного ресурса запорной арматуры проводится по критерию коррозионного/эрозионного износа. Расчет остаточного ресурса

проводится для возможного наименее благоприятного режима предстоящей эксплуатации с учетом максимальной возможной погрешности контроля параметров, определяющих техническое состояние запорной арматуры.

Дальнейшая эксплуатация запорной арматуры возможна:

- при полной укомплектованности и соответствии оборудования и приборов конструкторской (проектной) документации;
- при соответствии основных технических характеристик оборудования и приборов техническим условиям.

При обнаружении в процессе испытаний недопустимых дефектов и повреждений дальнейшая эксплуатация возможна после проведения ремонтно-восстановительных работ.

Критериями предельного состояния являются невозможность восстановления определяющих параметров технического состояния или экономическая нецелесообразность ремонтно-восстановительных работ.

Рассмотрим пример расчета на прочность и расчета остаточного ресурса крана шарового, производства Cameron Iron Works de France (Франция), Ду 1200, Ру 75.

Расчет на прочность выполнен в соответствии с [10]. Минимально-допустимая расчетная толщина стенки корпуса при заданном рабочем давлении $p_{раб}$ определялась в соответствии с [5], п.п.5.3.1.1.

Исходные данные для расчета на прочность шарового крана, эксплуатирующегося в условиях статического нагружения внутренним давлением транспортируемой среды с основным повреждающим фактором – общей коррозией (эрозией), протекающей с постоянной скоростью представлены в таблице 1.

Табл. 1. Исходные данные для расчета.

Параметр	Обозначение	Значение
Тип арматуры	-	Кран шаровой
Материал корпуса	-	FPS-135
Рабочее давление, МПа	$p_{раб}$	5,5
Толщина стенки (исполнительная), мм	s	25,0
Плюсовой допуск на толщину стенки, мм	c	0,1
Номинальный диаметр, мм	$D_n = DN$	1200
Допускаемое напряжение (в соответствии с [10], Приложение И), МПа	$\sigma_{доп}$	142
Коэффициент прочности сварных швов	φ	1,0
Наработка до первого обследования, лет	t_1	33

Минимально-допустимую расчетную толщину стенки s_p корпуса при заданном рабочем давлении $p_{раб}$ определяем в соответствии с [3], п.п.5.3.1.1 по формуле:

$$s_p = \frac{D_n \cdot p_{раб}}{2\varphi \cdot \sigma_{доп} - p_{раб}} = \frac{1200 \cdot 5,5}{2 \cdot 1,0 \cdot 142 - 5,5} = 23,7 \text{ мм}$$

Используя вычисленное значение s_p и заданное значение плюсового допуска проверяем выполнение условия прочности по [5] (п.п.5.3.1.1) для полученного с помощью ультразвуковой толщинометрии фактического значения толщины стенки корпуса $s_{ф} = 24,5$ мм.



$$s_p + c = 23,7 + 0,1 = 23,8 \text{ мм} < s_\phi \\ = 24,5 \text{ мм}$$

При выполнении приведенного неравенства в соответствии с [5] (п.п.5.3.1.2) определяем допускаемое внутреннее давление $p_{\text{доп}}$ для фактического значения s_ϕ толщины стенки корпуса по формуле:

$$p_{\text{доп}} = \frac{2\phi \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot s_\phi}{D_n + s_\phi} \\ = \frac{2 \cdot 1,0 \cdot 142 \cdot 24,5}{1200 + 24,5} = 5,7 \text{ МПа}$$

Учитывая, что значение рабочего давления $p_{\text{раб}} = 5,5 \text{ МПа}$ меньше вычисленного давления $p_{\text{доп}} = 5,7 \text{ МПа}$, условие прочности по допускаемому давлению выполнено.

Расчет фактического напряжения σ_ϕ для стенки корпуса определим по формуле:

$$\sigma_\phi = \frac{p_{\text{раб}} \cdot (D_n + s_\phi)}{2\phi \cdot s_\phi} = \frac{5,5 \cdot (1200 + 24,5)}{2 \cdot 1,0 \cdot 24,5} \\ = 137,4 \text{ МПа}$$

Поскольку условие, необходимое для безопасной эксплуатации арматуры выполнено (фактическое напряжение $\sigma_\phi = 137,4 \text{ МПа}$ меньше величины допускаемого $\sigma_{\text{доп}} = 142 \text{ МПа}$), то в соответствии с [10] п. 6.2.7 проводим расчет:

- скорости равномерной коррозии (эрозии) V за период эксплуатации 33 года по формуле:

$$V = \frac{s - s_\phi}{t_1} = \frac{25 - 24,5}{33} = 0,015 \text{ мм/год}$$

- остаточного ресурса корпуса по формуле:

$$R_t = \frac{s_\phi - c - s_p}{V} = \frac{24,5 - 23,7}{0,015} = 53 \text{ года}$$

Расчетное значение остаточного ресурса корпуса крана шарового Ду 1200 Ру 75, при измеренной фактической толщине стенки корпуса $S_\phi = 24,5 \text{ мм}$, рассчитанной скорости равномерной коррозии (эрозии) $V = 0,015 \text{ мм/год}$ и рабочем давлении $p_{\text{раб}} = 5,5 \text{ МПа}$ составляет 53 года.

Теперь рассмотрим статистические данные ранее проведенных экспертиз промышленной безопасности на шаровые краны, которые установлены на магистральных газопроводах. Экспертиза промышленной безопасности была проведена на 60 шаровых кранах. Характеристики запорной арматуры и результаты расчета остаточного ресурса приведены в таблице 2. Как показывают статистические данные расчетов остаточного ресурса, проведенного в рамках экспертизы промышленной безопасности, шаровых кранов разных заводов изготовителей минимальное значение составляет 53 года.

Однако любое техническое устройство, эксплуатируемое в условиях повышенной нагрузки, нуждается в своевременном проведении экспертизы промышленной безопасности для оценки его технического состояния и определения остаточного срока его службы для возможности проведения ремонтно-восстановительных работ. Только благодаря систематическим проверкам возможно предотвратить аварийные ситуации со случаями смертельного травматизма людей, которые с каждым годом увеличиваются.

Таблица 2. Характеристика запорной арматуры (шаровые краны) и результаты расчета остаточного ресурса

№ п.п.	Завод изготовитель шаровых кранов	Год ввода в эксплуатацию	Рабочее давление, МПа	Номинальный диаметр, мм	Результат расчета остаточного ресурса, лет (среднее значение)
1.	Алексинский завод «Тяжпромарматура» (Россия)	1989	7,5	1400	82
2.		1979	5,5	1200	372
3.		1979	7,5	700	471
4.		1990	5,0	300	597
5.		1999	5,0	150	485
6.		1998	5,5	200	304
7.	Nuovo Pignone (Италия)	1987	7,5	300	488
8.	СКД Blansko (Чехия)	1974	5,0	1000	211
9.		1974	4,0	1000	450
10.		1974	4,4	1000	315
11.		1974	5,0	400	604
12.	Cameron Iron works de France (Франция)	1978	5,5	1200	53
13.		1975	4,2	1200	358
14.		1978	5,0	1000	205
15.	Saut du Tarn (Франция)	1978	5,5	300	530
16.		1975	5,0	400	585
17.	Днепротяжбуммаш им. Артема (Украина)	1979	5,5	1200	125
18.	The Japan Steel Works, LTD (Япония)	1979	5,5	1200	345
19.	WAGI International S.P.A (Италия)	1979	5,5	400	669
20.		1979	5,5	1200	160
21.	BORSIG Gruppe - Borsig GmbH (Германия)	1979	5,5	1000	153
22.	Kitamura Valve Mfg.(Япония)	1974	4,4	400	916
23.	ООО «КемеровоХиммаш» (Россия)	1990	5,5	300	470

Литература

1. Федеральный закон 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности».
3. ГОСТ 24856-2014 «Арматура трубопроводная. Термины и определения».
4. ГОСТ 21345-2005 «Краны шаровые, конусные и цилиндрические на номинальное давление не более PN 250. Общие технические условия».
5. ГОСТ Р 52857.2-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек».



6. ГОСТ Р ИСО 24497-2-2009 «Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Часть 2. Общие требования».
7. ГОСТ 28702-90 «Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования».
8. ГОСТ Р 52760-2007 «Арматура трубопроводная. Требования к маркировке и отличительной окраске».
9. РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю».
10. СТО Газпром 2-4.1-406-2009 «Методика оценки ресурса запорно-регулирующей арматуры».
11. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2014 году, Москва, 2015 год.



ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЙ, НА ПРИМЕРЕ СКЛАДЧАТОЙ ОБОЛОЧКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО СПОРТИВНОГО ЗАЛА «ДРУЖБА» ОЛИМПЕЙСКОГО КОМПЛЕКСА ЛУЖНИКИ

УДК 69

Голощапова А.	Ведущий инженер отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Суров А.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Перепелко С.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Кузьмин П.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Поляков Е.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

12.11.2015

Аннотация. В 2013 году специалистами экспертной организации ООО «Промтехэкспертиза», филиал «Центральный» было проведено обследование железобетонных конструкций здания УСЗ «Дружба», с целью оценки технического состояния строительных конструкций здания, пригодности или условий дальнейшей безопасной эксплуатации, разработки рекомендаций по устранению дефектов и повреждений.

Ключевые слова: уникальные здания, пространственные покрытия, складчатые оболочки.

Тонкостенные пространственные конструкции (оболочки) из сборных железобетонных элементов позволяют перекрывать большие площади зданий и сооружений промышленного, гражданского и сельскохозяйственного назначения без промежуточных колонн при минимальном расходе материалов. Однако, такие покрытия - это не только наиболее экономичные и эффективные несущие элементы, но и наиболее опасные и требующие к себе особого внимания силовые структуры. Конструктивные решения таких

покрытий должны обеспечивать несущую способность сооружения даже при локальных повреждениях, предотвращать лавинообразное обрушение системы вследствие разрушения второстепенных элементов, узлов и деталей.

Основные повреждения железобетонных оболочек образуются в результате раздельного или совместного действия таких факторов, как:

- дефекты проектирования, проявляющиеся в результате несоответствия фактической схемы работы конструкции в составе

- здания, схеме - принятой при проектировании;
- недостатки, появляющиеся на стадии изготовления (применение некачественных материалов, трещины от повышенной усадки бетона, неправильный расход арматуры, не промышленный, замороженный бетон, большие усилия обжигания напрягаемой арматуры);
 - неправильная транспортировка и складирование;
 - отступление от технических условий при монтаже (отклонение от вертикали, несоблюдение высотных отметок, недостаточная длина опирания, нарушение последовательности монтажа, низкое качество монтажа соединений и другие);
 - дефекты возникающие на стадии эксплуатации (механические повреждения, воздействие агрессивных сред и атмосферных осадков, огневое воздействие, коррозия бетона, действие изгибающего момента и/или поперечной силы при перегрузке, раздавливание бетона главными сжимающими напряжениями при перегрузке, снижение прочности бетона, усадочные и температурно-влажностные деформации бетона, попеременное замораживание-оттаивание или увлажнение-высыхание бетона, давление новообразований (солей, льда), коррозия арматуры, в том числе в результате нарушения защитного слоя бетона, нарушение анкеровки, протаскивание арматуры, уменьшение диаметра и площади арматуры и другие).

Рассмотрим результаты оценки технического состояния

железобетонных пространственных оболочек покрытия здания УСЗ «Дружба», расположенного на территории ОАО «Олимпийский комплекс «Лужники».



Рис. 1. Фрагмент фасада здания УСЗ «Дружба»

Универсальный спортивный зал «Дружба» является многофункциональным зрелищно-тренировочным комплексом, его проект был разработан в 1976 году. Форма здания овальная, наибольший пролёт по диагонали равен 96 м, высота 23 м. Здание представляет собой единую пространственную оболочку, которая является одновременно и покрытием, и ограждающей конструкцией. Она состоит из полой центральной оболочки размером 48x48 м, опирающейся на примыкающие к ней боковые 28 оболочек положительной гауссовой кривизны, но складчатого профиля. Эффективность статической работы комплекса обеспечивается поясами в трёх уровнях. Радиальные силы в полой сферической центральной оболочке воспринимаются опорным контуром из монолитного железобетона, расположенным на отм.+14.5. Изгибающие моменты, возникающие в зоне перелома складчатых оболочек, воспринимаются средним кольцом - стальной затяжкой, расположенной на отм.+8.5. Нижние ярусы складок заканчиваются точечными шаровыми

опорами на массивных контрфорсах. Между ними вмонтированы металлические витражи. Покрытие и внутренний каркас здания опираются на

монолитную железобетонную фундаментную плиту на свайном основании.

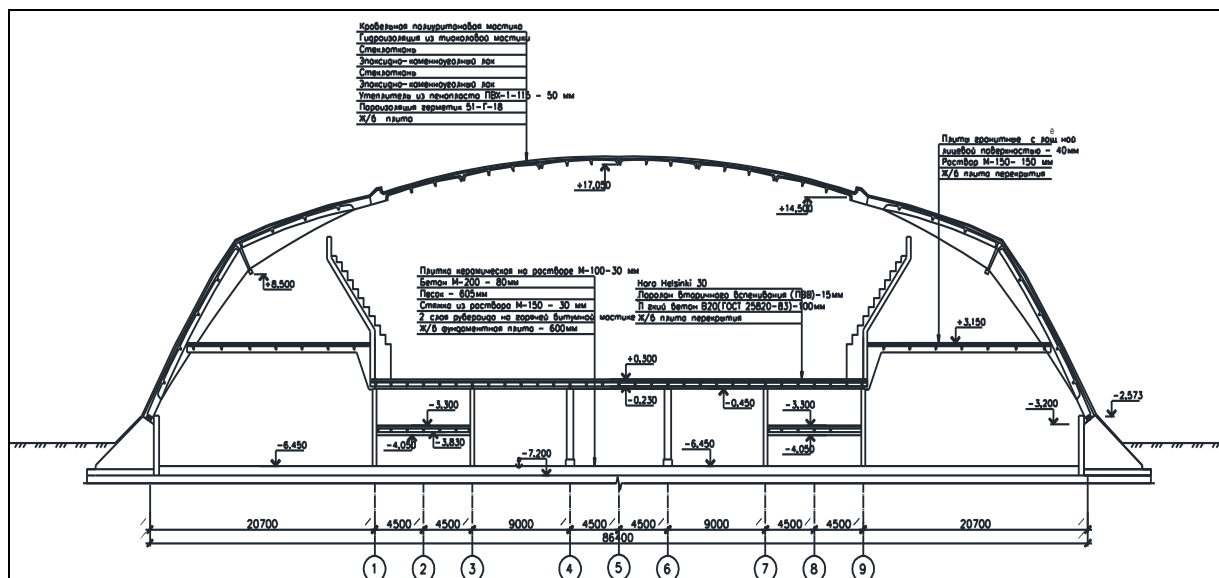


Рис. 2. Разрез здания УСЗ «Дружба»

Основными несущими конструкциями складчатой оболочки являются сборные ребристые железобетонные плиты марки ПС треугольной формы с продольными ребрами, армированными стержнями диаметром 32 мм.



Рис. 4. Общий вид центральной оболочки.



Рис. 5. Общий вид складчатой оболочки

В ходе мониторинга состояния покрытия зала в 2004-2006гг. было зафиксировано, что прочность бетона оболочек покрытия снижена на 13-39% от проектных значений. На основе полученных данных был выполнен поверочный расчёт, который показал, что несущие и ограждающие конструкции зала находятся в удовлетворительном состоянии. В результате измерений прочности материалов УСЗ «Дружба», проведенных при настоящем обследовании установлено, что

фактическая прочность снижена от проектной в плитах складчатой оболочки на 27-34%, плитах центральной оболочки на 8-13%. Выявленные в текущем обследовании дефекты, повреждения и отклонения от проекта в несущих и ограждающих конструкциях зала позволяют утверждать, что существенных изменений в их работе за период с 2006-2013гг. не произошло.

В ходе измерений толщины защитного слоя бетона в строительных конструкциях выявлено, что фактическая толщина защитного слоя бетона вдоль рабочей арматуры варьируется в значительных диапазонах: для плит складчатой оболочки $\{-18\%; +26\%\}$, для плит центральной оболочки $\{-0\%; +26\%\}$.

На внутренних поверхностях плит складчатой оболочки обнаружены протечки общей площадью до 10 м², образовавшиеся в результате микротрещин, повреждения защитного слоя кровельного покрытия, скопления атмосферных осадков, общего низкого качества кровли, а также скопления мусора в водоприёмных устройствах ливневой канализации. На водосборных лотках, предназначенных для удаления атмосферных осадков со складчатых оболочек, также зафиксированы следы протечек общей площадью до 50 м², многочисленные трещины и разрушения в штукатурном слое. Причина - повреждение гидроизоляции лотков.

На внутренней поверхности плиты складки имеется горизонтальная трещина с шириной раскрытия до 0.3 мм и общей длиной до 1.0 м. Можно предположить, что образование трещины произошло из-за эксплуатационных нагрузок.



Рис. 6. Наличие следов протечек на внутренних поверхностях плит складчатой оболочки

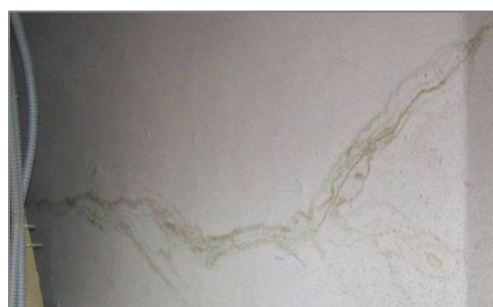


Рис. 7. Горизонтальная трещина на внутренней поверхности складчатой



Рис. 8. Повреждения кровельного покрытия



Рис. 9. Наличие скоплений мусора в водоприёмных устройствах ливневой канализации

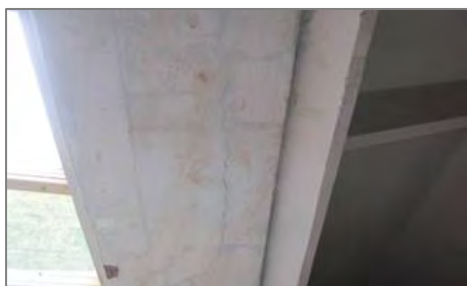


Рис. 10. Повреждения водосборных лотков складчатых оболочек

По результатам проведенного обследования установлено, что основной причиной выявленных отклонений толщины защитного слоя бетона от проектных данных являются дефекты изготовления опалубки. Повреждения конструкций складчатого покрытия вызваны нарушениями гидроизоляционного ковра покрытия, частичным разрушением гидроизоляции лотков складчатых оболочек, температурно-влажностным воздействием окружающей среды, скоплением мусора в водоприёмных устройствах ливневой канализации, дефектами строительно-монтажных работ и эксплуатационными нагрузками.

Для предотвращения дальнейшего развития дефектов и повреждений складчатого покрытия зданий и обеспечения безопасной эксплуатации необходимо выполнить:

- ремонт кровли, восстановление гидроизоляции, удаление мусора из водоприёмных устройств ливневой канализации, очистку поверхностей конструкций от следов протечек, их грунтовку и окраску;
- ремонт гидроизоляции водосборных лотков с восстановлением повреждённого штукатурного слоя лотков и окраской поверхностей;
- расшивку обнаруженной горизонтальной трещины плиты складчатой оболочки, обезжиривание, промывку, заделку ремонтным составом и окраску.

Стоит отметить, что в настоящее время все острее возникает вопрос, связанный с износом основных фондов страны. Пространственные железобетонные покрытия, в том числе складчатые оболочки, занимают значительные площади эксплуатируемых зданий и сооружений. Их объем составляет более 10% всех покрытий производственных и общественных зданий, а срок службы отдельных объектов достиг 30-40 лет. Поэтому такие здания нуждаются как в проведении периодических непосредственных обследований, так и в организации постоянного дистанционного мониторинга состояния несущих и ограждающих конструкций.

Литература

1. ГОСТ 31937-2011. «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
2. ГОСТ 18105-2010. «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности».
3. СП 52-117-2008* «Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. Методы расчета и конструирование (с изменениями и дополнениями)».
4. СП 13-102-2003. «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».



**ИССЛЕДОВАНИЕ АРОЧНЫХ ФЕРМ ЗДАНИЯ
«ДВОРЦА СПОРТА» ОЛИМПИЙСКОГО КОМПЛЕКСА
«ЛУЖНИКИ» С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ
ПРИЛОЖЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
НАГРУЗОК**

УДК 69

Голощапова А.М.	Ведущий инженер отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Суров А.А.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Перепелко С.Н.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Кузьмин П.К.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Поляков Е.И.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

12.11.2015

Аннотация. В 2013 году специалистами экспертной организации ООО «Промтехэкспертиза», филиал «Центральный» проведено техническое обследование строительных конструкций а также выполнен проверочный расчет с разработкой порядка эксплуатации арочных ферм и покрытия здания «Дворца спорта» олимпийского комплекса «Лужники».

Ключевые слова: несущая способность стальных конструкций покрытия, расчет на дополнительные нагрузки от оборудования, порядок эксплуатации.

Большинство развлекательных или выставочных мероприятий сопровождается подвесом необходимого сценического оборудования к конструкциям покрытия дворцов спорта, домов культуры, площадок и других помещений, в которых они проводятся. К вспомогательному оснащению сцены относятся: свето-, звуко-, видео-аппаратура, экраны, декорации, галереи, переходные мостики, порталные кулисы и башни, колосники (решетчатые потолки), подъемные устройства и другие. Как правило, такое оборудование подвешивается к поясам стропильных ферм. При этом установленная техника и

дополнительные конструкции, а также перемещение их в верхнем пространстве представляет определенную опасность как для работающих внизу людей и зрителей, так и для несущих конструкций покрытия и перекрытия. Именно поэтому перед его установкой необходимо выполнить проверочный расчет несущей способности элементов ферм с учетом дополнительных нагрузок, а также определить порядок и схему эксплуатации конструкций.

В 2013 году экспертам была поставлена задача - проверить возможность подвески дополнительного циркового оборудования к покрытию

Дворца спорта олимпийского комплекса «Лужники» на период проведения шоу «Цирка дю Солей» - «Дралион».

Здание «Дворца спорта» (см. рис.1) в плане имеет прямоугольную форму с основными размерами 150x96 м, высотой в «коньке» 24 м. Центральный зал дворца спорта перекрыт металлическими сквозными арками с затяжками, опирающимися на железобетонные колонны (см. рис.2). Арки имеют пролет 78 м, стрелу подъема 7,8 м и расположены с шагом 6 м, общее количество таких элементов в покрытии – 20 штук. Каждая арка состоит из верхнего и нижнего пояса из бистального двутаврового сечения, решетки из раскосов в виде спаренных уголков, и стоек из чередующихся одиночного и спаренного уголка. Затяжка арки крестового сечения, состоящего из четырех угловых профилей, соединенных заклепками. Для предотвращения провисания, затяжка соединена через фасонки с нижним поясом арки подвесками из стального круга. В зоне арочных конструкций кровля выполнена из титано-цинкового листа, уложенного на сплошное деревянное основание из досок.



Рис. 1. Общий вид дворца спорта.

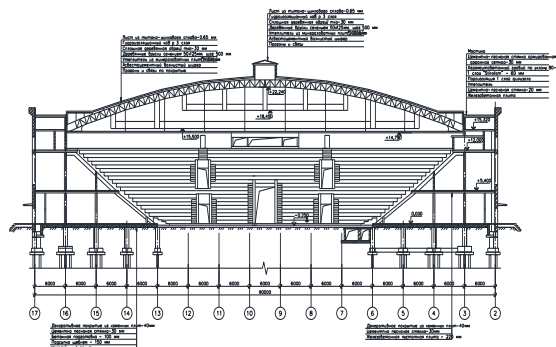


Рис. 2. Разрез здания дворца спорта.

В процессе обследования стальных несущих конструкций покрытия было установлено, что до 90% арок имеют прогибы фасонки в узлах крепления вертикальных стяжек верхнего и нижнего поясов величиной от 8 до 55мм и прогибы вертикальных стяжек между нижними и верхними поясами от 5 до 50 мм (см. рис.3). Усиливающие уголки фасонки в узлах крепления вертикальных стяжек к верхнему поясу арок имеют деформации и повреждения (см. рис.4). На верхних поясах стальных арок имеются локальные участки с повреждениями лакокрасочного покрытия и места с поверхностной коррозией (см. рис.5).

Дефекты и повреждения стальных арок покрытия.



Рис. 3. До 90% стальных арок покрытия имеют погибы вертикальных стяжек и фасонки в узлах крепления.



Рис. 4. Усиливающие уголки фасонки имеют деформации и повреждения, сварные швы выполнены некачественно или отсутствуют.



Рис. 5. На локальных участках стальных арок имеются участки с повреждениями лакокрасочного покрытия и места с поверхностной коррозией.

Нагрузка от дополнительного технологического оборудования, которое планируется установить на время проведения шоу, будет передаваться на конструкции арок. Эксплуатационные службы дворца предоставили наиболее характерную схему загрузки арок

данным оборудованием, с указанием веса оборудования и места подвески к стропильным конструкциям (см. рис.6). Анализ предоставленных схем показал, что нагрузки приложены в средней трети верхнего пояса арки. Расчётное значение временной нагрузки в каждом из 25 узлов составляет $P_{тн} = 200$ кг, что в сумме равно 5000 кг. Согласно "Схеме приложения нагрузок от дополнительного сценического оборудования" прикладываемые нагрузки на конструкции покрытия несимметричны, что недопустимо. На примере нагрузок между осями 50 – 51: с одной стороны нагрузки от аппаратов CP06 и SCB01 равны 840 кг, с другой стороны от аппаратов CP07, CP08 и LCB01 равны 1610 кг. Разница $1610 \text{ кг} - 840 \text{ кг} = 770 \text{ кг}$, почти в два раза.

Расчёт несущей металлической арки выполнен с помощью проектно-вычислительного комплекса SCAD методом конечных элементов. При выполнении статического расчёта арки покрытия учтены нагрузки от собственного веса металлоконструкций, постоянная (от веса кровли), снеговая (равномерно распределенная, неравномерно распределенная, неравномерно распределенная на половине пролета), а также узловые нагрузки от фонаря, технологических мостиков на отм. +15,50 и +18,45, технологического оборудования, коммуникаций в межарочном пространстве и дополнительного сценического оборудования. Из вышеперечисленных нагружений составлено 6 сочетаний нагрузок.

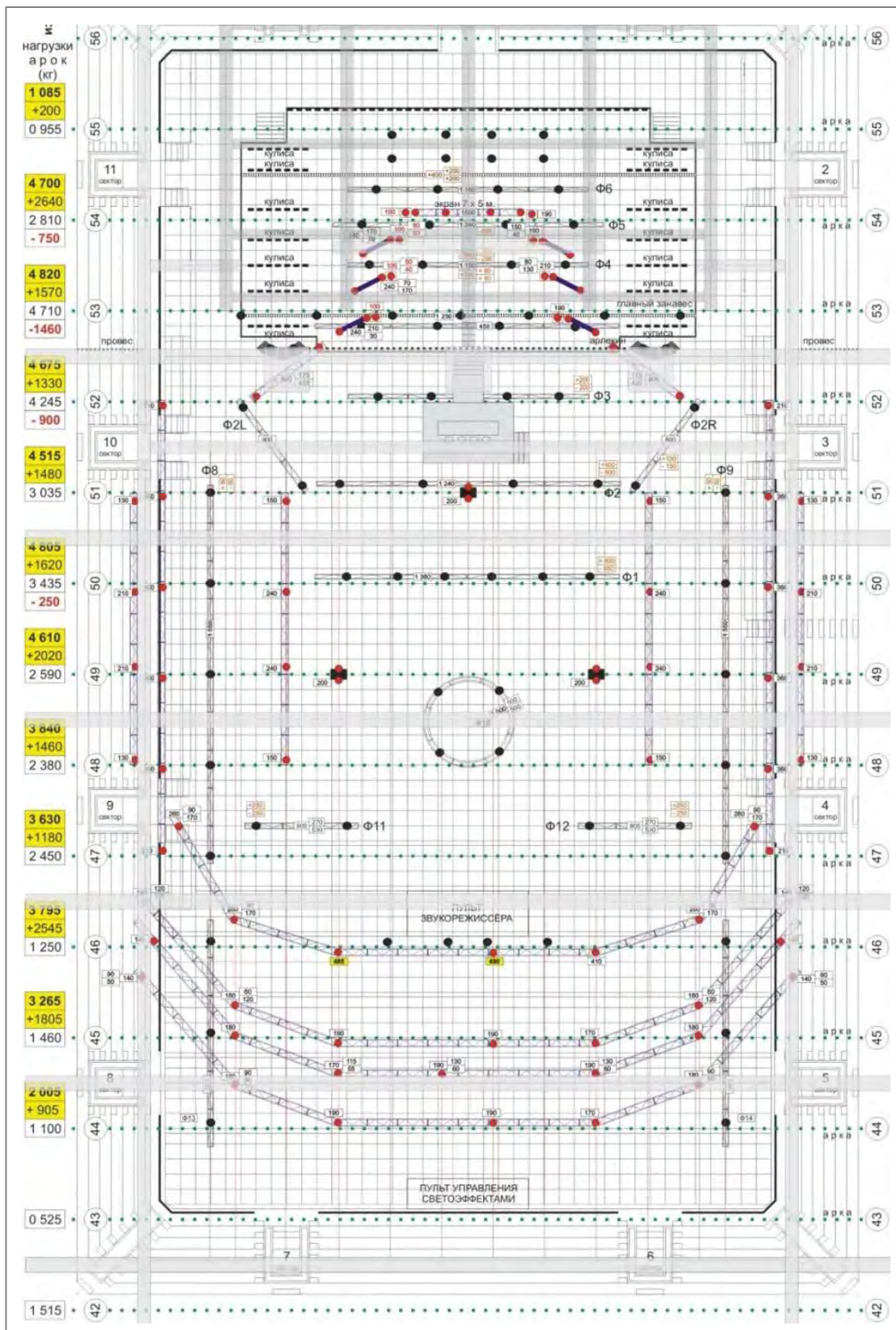


Рис. 6. Схема загрузки арок дополнительным технологическим оборудованием.

В результате проведённого статического расчёта несущей способности, по первой группе предельных состояний, при максимальной загрузке арки расчётными нагрузками восемь элементов верхнего пояса испытывают перенапряжение с коэффициентами использования 1,05-1,09 (см. рис.7, красным цветом выделены перенапряженные элементы). В соответствии с ГОСТ Р 53613-2009 плотность свежеснегавшего снега может достигать до 150 кг/м³, а плотность слежавшегося снега до 400 кг/м³. Допустимая толщина для свежеснегавшего снегового покрова варьируется в интервале от 92 см до 195 см, а для слежавшегося снега в пределах от 34,5 см до 73,1 см. В целях безопасной

и долговечной работы покрытия, а так же, чтобы исключить перенапряжение элементов верхнего пояса, толщина снегового покрова на кровле не должна превышать 40 см. При аномальных и затяжных снегопадах, запрещается устанавливать новое и демонтировать старое технологическое оборудование на арках, загружать технологические мостики максимальными расчётными нагрузками без удаления снеговых отложений. При данных работах велика вероятность появления неконтролируемых по величине и месту приложения динамических нагрузок, могут начаться необратимые процессы деформации, потери устойчивости и прочности элементов арки.

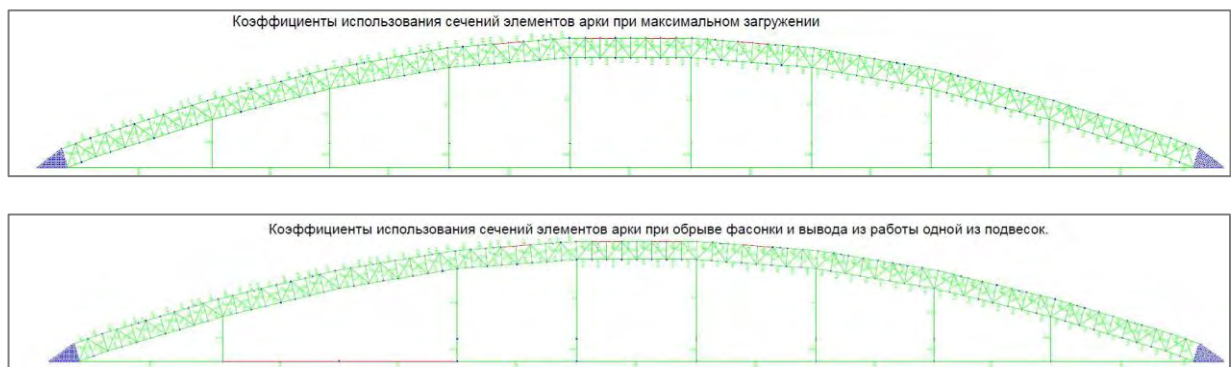


Рис. 7. Варианты загрузки арки до и после выхода из строя одной из фасонок.

При эксплуатации мостиков на отм. +15,500 дополнительная вертикальная нагрузка не должна превышать 15 кг/м, а для мостиков на отм. +18,450 – 12 кг/м. Дополнительную нагрузку на верхние мостики допускается прикладывать вдоль их продольной оси, а на нижние мостики - только к нижним поясам ферм симметрично продольной оси мостиков. Распределённая нагрузка на мостики может быть заменена сосредоточенной, но не более 90 кг для верхних мостиков и не более 75 кг для нижних мостиков. К перилам мостиков дополнительные нагрузки прикладывать запрещается.

Для безопасной эксплуатации мостиков на отм. +15,500 в пролёте (между их соседними точками крепления) одновременно не должно находиться более 5 человек обслуживающего персонала, на отм. +18,450 в пролёте - не более 4 человек. При этом расстояние между людьми должно быть не менее 1,2 м – на отм. +15,500, не менее 1,5 м – на отм. +18,450. При движении следует соблюдать интервал между людьми в пределах 1,5-2,0 м - на отм. +15,500, в пределах 1,8-2,3 м - на отм. +18,450. Так же, при перемещении по мостикам в пределах одного пролёта, рекомендуется



одновременное движение не более двух человек, в противном случае это может привести к появлению циклических динамических нагрузок и, как следствие, возникновению резонансных колебаний в конструкциях арки. Данные резонансные колебания так же могут вызвать появление динамического удара по фасонкам крепления подвесок к нижнему поясу арки, как при резком снятии нагрузки.

Дополнительные вертикальные нагрузки рекомендуется прикладывать к узлам верхнего пояса. К нижнему поясу дополнительную нагрузку следует прикладывать только в узлах примыкания подвесок. В пределах средних четырёх подвесок арки дополнительная суммарная нагрузка не должна превышать 5 тон. При узловой нагрузке более 200 кг следует обеспечить симметричность её приложения относительно замка арки. Момент от несимметрично приложенной узловой нагрузки не должен превышать 1 тм. Горизонтальные нагрузки из плоскости арки должны прикладываться только к узлам верхнего пояса арки. Если горизонтальная сила приложена к узлу без горизонтальных и вертикальных связей, то её величина не должна превышать 50 кг. Несимметричные горизонтальные нагрузки величиной не более 75 кг допускается прикладывать на расстоянии не более одной панели решётки арки от узла со связью, от 75 кг до 170 кг допускается прикладывать только в узлы с горизонтальными или

вертикальными связями. Несимметричные горизонтальные нагрузки величиной более 170 кг прикладывать запрещается.

При необходимости установки на арки несимметричного технологического оборудования (металлические фермы, софиты, лебёдки, блоки, пульта управления и пр.) должна быть применена схема крепления с противовесами, например: классическая, на парных подвесах и противовесной лебёдке или «ручном» канате; полиспастная на противовесной лебёдке или «ручном» канате. Допускается применять противовесы серии ПА и ПК. Для управления спуском и подъёмом оборудования необходимо использовать только механизмы с плавным пуском, что позволит исключить динамические нагрузки на фермы.

Таким образом, для поддержания равновесия нагруженных арок, необходимо постоянно стабилизировать систему, загружать одну группу элементов и при этом разгружать другую. В процессе проведения работ по подвеске дополнительного оборудования шоу "Цирк дю Солей - Дралион" рекомендован непрерывный контроль за конструкциями и узлами стальных арок. Выполнение вышеуказанных рекомендаций, обеспечит безопасную и долгосрочную работу конструкций покрытия дворца при восприятии дополнительных технологических нагрузок от оборудования.

Литература

1. ГОСТ 31937-2011. «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
2. МДС 20-2.2008. «Временные рекомендации по обеспечению безопасности большепролётных сооружений от лавинообразного (прогрессирующего) обрушения при аварийных воздействиях».
3. ТР 182-08. «Технические рекомендации по научно-техническому сопровождению и мониторингу строительства большепролётных, высотных и других уникальных зданий и сооружений».



ВОПРОСЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ПЕРЕД НАЧАЛОМ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

УДК 340.132.6

Ряднов И.И.	Ведущий эксперт ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»),
Сизов В.Н.	Ведущий эксперт ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)»
Орлов А.В.	Начальник ЛНК ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)»
Нарожный А.Д.	Инженер 1 категории экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Беляев Г.С.	Директор по науке и технике ООО «Промтехэкспертиза»

12.11.2015

Аннотация. В статье анализируются требования нормативной документации Ростехнадзора к новому виду экспертизы – экспертизе технических устройств перед началом их применения на опасном производственном объекте. Рассматриваются вопросы предмета и содержания данного вида экспертизы промышленной безопасности.

Ключевые слова: экспертиза технических устройств перед началом применения, оценка соответствия, техническое регулирование.

5 марта 2013 года вступил в силу Федеральный закон [1], согласно которому требования безопасности к эксплуатации технических устройств (далее - ТУ), применяемых на опасном производственном объекте (далее – ОПО), устанавливаются в соответствии с требованиями законодательства о техническом регулировании.

Для эксплуатации (применения) оборудования на ОПО необходимо иметь сертификат соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза или декларацию соответствия регламенту. Вместо ранее выдаваемых документов об оценке (подтверждении) соответствия продукции обязательным требованиям (для ТУ, применяемых на ОПО, это было разрешение на применение Ростехнадзора), предусматривается, согласно

техническим регламентам, обязательность наличия новых документов о подтверждении соответствия – сертификатов соответствия или деклараций о соответствии данным регламентам. На основании старых документов о соответствии (разрешений на применение) производители могли выпускать продукция (ТУ) до окончания срока их действия, но не позднее оговоренных при вступлении регламента в силу сроков: например, согласно [2] для оборудования котлонадзора – до 1 августа 2015г (соответствующий регламент ТР ТС 032/2013 вступил в силу в октябре 2013г); для подъемных сооружений, согласно [3] - до 15 марта 2013г (регламент ТР ТС 010/2013 вступил в силу октябре 2011года). Для ТУ, выпущенных в обращение до вступления



в силу регламентов, сроки эксплуатации устанавливались согласно требованиям действующей нормативно-технической документации для данного вида оборудования (безотносительно к срокам действия разрешений на применение, выданных их производителям, и на основании которых они были выпущены). Оценка их соответствия за пределами срока эксплуатации осуществлялась путем проведения экспертизы промышленной безопасности с выдачей заключения ЭПБ, которое и является для них документом о подтверждении соответствия на период продленного срока эксплуатации.

Согласно пункта 2, ст. 7 Федерального закона [4], экспертиза промышленной безопасности проводится только в случае если другая форма оценки соответствия не предусмотрена техническим регламентом, т.е. объект регулирования, в данном случае (ТУ перед началом применения на ОПО), не подлежит подтверждению соответствия требованиям технического регламента. При этом следует отметить что термин «не подлежит подтверждению соответствия требованиям» не равнозначен термину «не распространяется». То есть экспертиза промышленной безопасности таким устройствам проводится в двух случаях: в случае если технический регламент не применяется в отношении объектов, так как они не идентифицированы в качестве объекта технического регулирования данного технического регламента (т.е. требования регламента на него не распространяются), либо в случае если регламентом не установлена обязательная процедура оценки соответствия (декларирование или сертификация) при том, что сам регламент устанавливает требования к ТУ. Например, согласно статье 7 Технического регламента [3], машины и (или) оборудование, бывшие в

эксплуатации, или изготовленные для собственных нужд их изготовителей, не подлежат подтверждению соответствия требованиям данного технического регламента. Это значит, что для указанной категории машин и оборудования не требуется проводить процедур декларирования соответствия или сертификации с получением соответствующего документа (сертификата или декларации о соответствии), остальные же требования Регламента [3] (например Приложения 2, устанавливающего требования к грузоподъемным кранам) обязательны для соблюдения изготовителем ТУ.

Если это положение относить, например, к грузоподъемным кранам, применяемым на ОПО, то экспертизе перед началом их применения на ОПО (без проведения процедуры сертификации или декларирования) подлежат только ТУ, применяемые на опасных производственных объектах, изготовленные для собственных нужд владельца или бывшие в употреблении технические устройства иностранного (не стран Таможенного Союза) производства. Бывшие в употреблении ТУ производства стран Таможенного союза, если они отработали установленный срок эксплуатации, должны иметь ранее выданные документы, подтверждающие их соответствие (разрешения Ростехнадзора (Госгортехнадзора) и на изготовление или применение). Данные документы действуют, как указывалось выше, на период всего установленного срока эксплуатации ТУ. В период срока эксплуатации, установленного нормативно-технической документацией, проведение ЭПБ перед началом эксплуатации на новом ОПО, даже при смене владельца ТУ, не требуется, хотя требование проведения подобной экспертизы из-за некомпетентности иногда устанавливаются новыми владельцами. После окончания срока,

установленного нормативно-технической документацией и указанного изготовителем в паспорте, ТУ проходит ЭПБ в связи с отработкой установленного срока эксплуатации, а не в связи с началом применения на ОПО. Заключение ЭПБ, на основании которого продляется срок эксплуатации, и, как указывалось вышнее, является на период продленного срока документом, подтверждающим его соответствие обязательным требованиям.

Практически все ТУ и оборудование, применяемые на ОПО, попали под требования, в частности, следующих технических регламентов:

- ТР ТС 010/2011 – «О безопасности машин и оборудования»;
- ТР ТС 012/2011 – «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах»;
- ТР ТС 016/2011 – «О безопасности аппаратов, работающих на газообразном топливе»;
- ТР ТС 032/2011 – «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением» и пр.

Соответствие указанным ТРТС, подтвержденное в форме сертификата или декларации, является достаточным для эксплуатации оборудования на объектах, поднадзорных Ростехнадзору. В случае, если на оборудование на распространяется ни один из указанных технических регламентов, то, как указывалось выше, необходимо проводить экспертизу промышленной безопасности.

Экспертиза ТУ, применяемых на ОПО, предусматривает оценку соответствия машин, технологического оборудования, систем машин и (или) оборудования, агрегатов, аппаратуры, механизмов требованиям нормативных технических документов в области промышленной безопасности, а также оценку технического состояния конкретных ТУ, применяемых на ОПО.

В новой редакции Федерального закона [4] определены случаи, когда ТУ, применяемые на ОПО, подлежат экспертизе промышленной безопасности. В первоначальной редакции данного закона присутствовало только общее требование проведения экспертизы ТУ в установленном порядке (без указания конкретных случаев). Конкретные случаи проведения экспертизы ТУ устанавливались в каждом виде надзора соответствующим положением о проведении экспертизы безопасности. В новой редакции ст. 7 Федерального Закона [4], эти случаи указаны конкретно и исчерпывающе, без какой либо привязки к видам надзора или видам ТУ.

Экспертиза ТУ проводится в соответствии Федеральными нормами и правилами [5] проведения экспертизы промышленной безопасности, где, как и в Федеральном законе [4] исчерпывающе указаны все случаи её проведения:

- до начала применения на опасном производственном объекте;
- по истечении срока службы или при превышении количества циклов нагрузки такого технического устройства, установленных его производителем;
- при отсутствии в технической документации данных о сроке службы такого технического устройства, если фактический срок его службы превышает двадцать лет;
- после проведения работ, связанных с изменением конструкции, заменой материала несущих элементов такого технического устройства, либо восстановительного ремонта после аварии или инцидента на опасном производственном объекте, в результате которых было повреждено такое техническое устройство.

Кроме случая экспертизы ТУ до начала его применения на ОПО, все указанные случаи проведения экспертизы



технических устройств были предусмотрены в ранее действующих нормативных документах Ростехнадзора (положениях), выпущенных по исполнению требований прежней редакцией указанной статьи закона.

Данный вид экспертизы явился, если можно так выразиться «приемником» таких ранее существовавших видов ЭПБ проводившихся в ходе процедур постановки ТУ на производство. Для объектов котлонадзора и подъемных сооружений, это были экспертиза конструкции и документации на изготовление ТУ.

До вступления в силу Закона о техническом регулировании [6] Ростехнадзор (ранее – Госгортехнадзор) в пределах своей компетенции осуществлял контрольные функции на всех стадиях жизненного цикла ТУ, применяемых на опасных производственных объектах: изготовлении, монтаже, наладке, эксплуатации, ремонте, реконструкции. На всех этих стадиях жизненного цикла ТУ, например, устройств котлонадзора и подъемных сооружений, согласно действовавшей нормативной базе Ростехнадзора, было предусмотрено проведение экспертизы промышленной безопасности - экспертиза технической документации на стадиях изготовления (постановки на производство), ремонта, монтажа и экспертиза самого технического устройства на стадии его эксплуатации (после отработки установленного срока эксплуатации, после аварии и пр.). Эти виды экспертизы в конкретных видах надзора были установлены, как говорилось выше, в соответствующих положениях о проведении экспертизы, разработанными Госгортехнадзором во исполнение требований прежней редакции ст.7 Федерального закона [4]. Пункт 3.3.2. Положения [7] (объекты котлонадзора) и

аналогичное положение пункта 3.2.1 Положения [8] (объекты подъемных сооружений) устанавливали необходимость проведения ЭПБ документации на изготовление (т.е. проектно-конструкторской документации), а пункт 3.3.1. Положения [7] и п.3.2.2. Положения [8] - необходимость проведения экспертизы конструкции вновь изготавливаемых ТУ. В части экспертизы документации на производство, т.е. проектно-конструкторской документации, вопросов, как правило, не возникало: проверялось содержание и комплектность конструкторской документации согласно требованиям ГОСТов ЕСКД и техническому заданию, а также выполнение требований нормативной документации по промышленной безопасности - правил и руководящих документов Ростехнадзора (ранее – Госгортехнадзор) (соответствие применяемых марок металла, номенклатуры и функционала приборов безопасности и т.д.). При проведении же экспертизы конструкции возникал вопрос - как можно провести экспертизу конструкции вновь изготавливаемого ТУ, не проводя экспертизу проектно-конструкторской документации на данное ТУ, по которой он был изготовлен и, которая является отдельным видом экспертизы, и, к тому же, при этом является экспертизой не технического устройства, а технической документации. Если же в экспертизу конструкции включается экспертиза документации на вновь изготавливаемое ТУ, то возникал вопрос о смысле выделения экспертизы данной документации в отдельный вид ЭПБ. При этом надо иметь ввиду, что задачей, ранее проводимых приемочных испытаний, (с участием представителя Ростехнадзора), а сейчас сертификационных испытаний, проводимых сертификационным центром, и состоит в подтверждении



соответствия ТУ, в том числе и требованиям промышленной безопасности (ранее изложенных в правилах Ростехнадзора, а сейчас в технических регламентах). В части подъёмных сооружений данное противоречие формально было устранено выходом Приказа [9] Ростехнадзора. Данный приказ отменил п. 3.2.1 Положения [8] (экспертизу документации на изготовление), оставив несколько переформулированный п.3.2.2 данного положения: понятие экспертиза конструкции было заменено на экспертизу «вновь изготовленного по новой проектно-конструкторской документации» технического устройства. В положения по проведению экспертизы в других видах надзора, до их отмены в связи с вступлением в силу Федеральных норм и правил [5] по проведению экспертизы в 2013 году подобные изменения не вносились. При этом следует отметить, что у разработчиков документов Госгортехнадзора по проведению ЭПБ (соответствующих положений в разных областях надзора), на момент разработки этих документов, отсутствовало единое представление, что собственно должно представлять заключение ЭПБ перед началом выпуска (постановки на производство) технического устройства и даже что является объектом этой экспертизы. В пункте 4.1. Положения РД 12-608-03 (экспертиза объектов газоснабжения), например, речь идет об «экспертизе опытных образцов нового оборудования», при отсутствии каких либо экспертиз «конструкции» и «документации на изготовление», о которых говорится в положениях [7] и [8]. В пункте 4.3.1. Положения РД 14-531-03 (экспертиза объектов по хранению и переработке зерна) шла речь просто об экспертизе ТУ при получении разрешения на применение (изготовление

ТУ), без всякой конкретизации объекта экспертизы (документация или ТУ).

Появление данного нового вида экспертизы (технического устройства до начала применения на ОПО) вызвано не потребностями совершенствования контроля за соблюдением норм промышленной безопасности при эксплуатации ТУ, а явилось, очевидно, следствием юридической перестройки системы регулирования промышленной безопасности. После выхода Закона о техническом регулировании [7], изменившего сферы ответственности надзорных ведомств, Постановлением Правительства [11] принятым во исполнение этого Закона, деятельность по надзору за изготовлением технических устройств на ОПО регулировались не нормативными документа Ростехнадзора, а техническими регламентами, контроль за исполнением которых возлагался этим же постановлением на Ростехрегулирование. Изготовление ТУ, хотя и осталось согласно ст. 6 Федерального закона [7], видом деятельности в области промышленной безопасности, но вышло из сферы контроля Ростехнадзора. Часть ранее существовавших видов экспертизы (экспертиза конструкции, документации на изготовление, конструкции опытного образца и т.д.) являлись именно экспертизой на стадии производства ТУ, точнее, на стадии постановки этих ТУ на производство. При определении формы оценки соответствия технического устройства, применяемого на опасном производственном объекте, нормы законодательства о техническом регулировании в этой части, в силу требований п. 2 ст. 3, ст. 7 Федерального закона [4], имеют приоритетное значение перед нормами законодательства о промышленной безопасности. Так как технические регламенты устанавливают другие формы оценки соответствия, связанные с изготовлением (постановкой



на производство) технических устройств, экспертиза промышленной безопасности связанная с данным видом деятельности перестала существовать. При этом после исчезновения указанных видов экспертизы появился, как указывалось выше, такой новый вид экспертизы, как экспертиза технического устройства до начала его применения на ОПО.

Безусловно, этот вид экспертизы (экспертиза ТУ перед началом применения на ОПО) можно считать родственным ранее существовавшим под разными наименованиями в разных видах надзора видов экспертизы проводимых перед постановкой продукции на производство. Выполняется эта экспертиза, разумеется, только в случаях, если технические регламенты не предусматривают, как говорилось выше, иной формы оценки соответствия (сертификации или декларирования) или не устанавливают требований к ТУ. При этом если в вопросе наименования вида экспертизы появилась полная ясность то, к сожалению, как и в ранее действующих положениях о проведении подобной экспертизы, осталась неопределенность в предмете экспертизы. Если объектом экспертизы является документация на изготовление, то почему данная экспертиза называется «экспертизой технического устройства». Если же это ЭПБ образца технического устройства (опытного, единичного и т.д., на который не распространяется технический регламент или регламент не требует оценки его соответствия), то совершенно ясно, что в ходе неё будет рассматриваться та же документация на изготовление, а вот по какой методике проводить техническое диагностирование самого образца (опытного, единичного или головного) ТУ неясно. Все существующие методики технического диагностирования предназначены для диагностирования ТУ при проведении экспертизы для продления сроков их

эксплуатации. То есть возникают те же проблемы, что и при проведении экспертизы в предусмотренных ранее действующими положениями в разных надзорах случаях (экспертиза документации на изготовление и конструкции, конструкции опытного образца, ТУ перед постановкой на производство и т.д.).

Как показывает опыт, случаи проведения подобной экспертизы (экспертиза ТУ перед применением на ОПО), предусмотренной новой редакцией ст. 7 Федерального Закона [4] зачастую связан с неправильным выбором объекта экспертизы. Авторам приходилось сталкиваться в процессе работы с внесенными в реестр экспертными заключениями на модульные газовые котельные (заключение экспертизы промышленной безопасности на техническое устройство перед началом его применения на ОПО), которое представило предприятие, предполагающее освоить их производство. При выяснении вопроса, почему выбрана такая форма оценки соответствия, а не предусмотренная для подобного газоиспользующего оборудования Техническим регламентом о безопасности газового оборудования [11] сертификация, заказчиком экспертизы было указано, что данный Технический регламент согласно приложению №1 не распространяется на модульные котельные. Это объяснение можно считать вполне правильным и логичным, если не учитывать того, что техническим устройством, применяемом на ОПО является не модульная котельная, а устанавливаемый в ней котел и газовое оборудование, и по этой причине сама модульная котельная никак не может быть в указанном приложении к упомянутому техническому регламенту.

По мнению авторов, рассмотренный вид экспертизы промышленной безопасности



(технических устройств перед началом применения на ОПО), как и другой новый вид экспертизы, появившийся в новой редакции Федерального закона [4] – экспертиза обоснования промышленной

безопасности, требует дополнительной конкретизации в нормативной и методической документации Ростехнадзора.

Литература

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов, отдельные законодательные акты Российской Федерации и о признании утратившим силу подпункта 114 пункта 1 статьи 333.33 части второй Налогового кодекса Российской Федерации //Федеральный закон от 04.03.2013 N 22-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон " //Собрание законодательства РФ"- 04.03.2013- N 9 - С 874.
2. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением: технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 032/2013): принят Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 15.10.2013 N 218 // Официальный сайт Евразийской экономической комиссии <http://www.eurasiancommission.org/>, 16.10.2013.
3. О безопасности машин и оборудования: технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 010/2013): принят Решением Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 N 823 " (в ред. 19.05.2015г)// размещено на Официальном сайте Евразийского экономического союза <http://www.eaeunion.org/> - 20.05.2015.
4. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон №116-ФЗ от 21.07.1997 года (в ред. от 13.07.2015г) // опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 13.07.2015).
5. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утверждены приказом Ростехнадзора №538 от 14.11.2013г (в ред. от 03.07.2015г) //опубликовано на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 10.08.2015.
6. О техническом регулировании: федеральный закон от 27.12.2002г №184-ФЗ (в ред. от 13.07.2015г.) //опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 21.04.2015).
7. Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используются паровые и водогрейные котлы, сосуды, работающие под давлением, трубопроводы пара и горячей воды: руководящий документ РД 10-520-03// утвержден постановлением Госгортехнадзора от 23.10.2002г. №62// Сер. 26. - Вып.2.:М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006г.- С.124-129.
8. Положение по проведению экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения: руководящий документ РД 10-528-03: утвержден постановлением Госгортехнадзора от 04.03.2003г. №5// Сер. 26. - Вып.2.:М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006г.- С.130-134.
9. О внесении изменений в положение: руководящий документ РД 10-528-03: утвержден приказом Ростехнадзора от 12.12.2012г № 713// опубликован в "Российской газете" - 22.02.2013).
10. Об уполномоченных органах РФ по обеспечению государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов таможенному союзу:



Постановление Правительства №407 от 13.05.2013г.// опубликовано на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 04.04.2014.

11. О безопасности аппаратов, работающих на газообразном топливе»: технический регламент Таможенного союза ТР ТС 016/2011: принят решением Евразийской экономической комиссии от 09.12.2011г. № 8579 (в ред. от 03.02. 2015г)// размещено на официальном сайте Евразийского экономического союза <http://www.eaeunion.org/> - 04.02.2015.



ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РЕМОНТА И ОСВОЕНИЯ СКВАЖИН. ХАРАКТЕРНЫЕ ВИДЫ ДЕФЕКТОВ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ. ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

УДК 622.24

Бельшев В.Н.	Технический директор ООО «Протос Экспертиза»
Тукачев А.В.	Главный инженер ООО «Протос Экспертиза»
Титов А.А.	Начальник отдела экспертиз технических устройств ООО «Протос Экспертиза»
Ефремова А.В.	Начальник отдела разработки и экспертизы документации ООО «Протос Экспертиза»
Максимов А.В.	Эксперт в области промышленной безопасности Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

12.11.2015

В процессе добычи нефти и газа, разведки новых месторождений ключевую роль играет процесс освоения скважин, текущий и капитальный ремонт. Для проведения таких работ используется целый комплекс нефтегазопромыслового оборудования и инструмента. С целью обеспечения надежности и эффективного использования оборудования необходимо проводить периодическое техническое диагностирование для своевременного выявления недопустимых дефектов и оперативного устранения.

Рассмотрим состав работ по техническому диагностированию основного нефтегазопромыслового оборудования и инструмента.

Методы контроля нефтегазопромыслового оборудования при техническом диагностировании приведены в таблице 1.

В соответствии с таблицей 1 и действующей нормативно-технической документацией было проведено техническое диагностирование оборудования и инструмента, представленного в таблице 2.

Табл. 1. Методы контроля нефтегазопромыслового оборудования и инструмента.

№ п/п	Наименование	Методы контроля
1	Элеватор, Спайдер	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [1], [7], [13]
		Контроль состояния основного металла на сплошность ультразвуковым методом [12], [13]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [13]
2	Вертлюг	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [2], [7], [13]



№ п/п	Наименование	Методы контроля
		Ультразвуковая толщинометрия отвода вертлюга [2], [13]
		Контроль состояния основного металла на сплошность ультразвуковым методом [2], [13]
		Неразрушающий контроль сварных швов (при наличии) потенциально опасных участков (ПОУ) методами ультразвуковой дефектоскопии [2], [13]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [2], [13]
		Испытания пробным давлением на прочность и плотность [2], [13]
3	Штропы	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [1], [7], [13]
		Контроль состояния основного металла на сплошность ультразвуковым методом [1], [13]
		Неразрушающий контроль сварных швов (при наличии) потенциально опасных участков (ПОУ) методами ультразвуковой дефектоскопии [1], [13]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [1], [13]
4	Ведущая труба	визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [7], [12], [13]
		Ультразвуковая толщинометрия [12], [13]
		Контроль состояния основного металла на сплошность ультразвуковым методом [12], [13]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [12], [13]
5	Кран шаровой	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [7], [12], [13]
		Контроль состояния основного металла на сплошность ультразвуковым методом [12], [13]



№ п/п	Наименование	Методы контроля
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [12], [13]
		Испытания пробным давлением на прочность и плотность [12], [13]
6	Клапан обратный	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [7], [12], [13]
		Контроль состояния основного металла на сплошность ультразвуковым методом [12], [13]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [12], [13]
		Испытания пробным давлением на прочность и плотность [12], [13]
7	Переводник, катушка переходная	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [7], [12], [13]
		Контроль состояния основного металла на сплошность ультразвуковым методом [12], [13]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [12], [13]
8	Машинный ключ	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [7], [9], [13]
		Контроль состояния основного металла на сплошность ультразвуковым методом [9], [13]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [9], [13]



№ п/п	Наименование	Методы контроля
9	Блок (талевый, крюкблок, кронблок)	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [3], [4], [7]
		Контроль состояния основного металла на сплошность ультразвуковым методом [3], [4], [5]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [3], [4]
10	Бурильная труба	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [7], [8], [10], [11]
		Ультразвуковая толщинометрия [8], [10], [11]
		Вихретоковый контроль сплошности основного металла и сварных швов. [8], [10], [11]
		Ультразвуковой контроль сплошности основного металла и сварных швов [8], [10], [11]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [8], [10], [11]
11	Лубрикатор, Рабочие и аварийные отводы ПВО	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [7], [13]
		Ультразвуковая толщинометрия [13]
		Контроль состояния сплошности основного металла и сварных швов ультразвуковым методом [13]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест) участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [13]
12	Превентор	Визуальный и измерительный контроль узлов и деталей [7], [13]
		Ультразвуковая толщинометрия [13]
		Контроль состояния сплошности основного металла и сварных швов ультразвуковым методом [13]
		Цветная (или магнитопорошковая) дефектоскопия ПОУ, зон (мест)



№ п/п	Наименование	Методы контроля
		участков, качество металла которых по результатам визуального и измерительного контроля вызывает сомнение, а также локально деформированных участков, включая деформированную зону и прилегающую к ней зону недеформированного металла [13]
		Испытания пробным давлением на прочность и плотность [13]

Табл. 2. Нефтегазопромысловое оборудование и инструмент на котором было проведено техническое диагностирование.

№ п/п	Наименование	Количество, шт.
1	Ведущая труба	30
2	Вертлюг	26
3	Кран шаровой	67
4	Клапан обратный	27
5	Штропа	31 комп. (62 шт.)
6	Элеватор	193
7	Переводники	340
9	Талевый блок, крюкоблок	12
10	Кронблок	12
11	Универсальный машинный ключ	30
13	Превентор	6
14	Катушка переходная	6
15	Гидравлический трубный ключ	15
16	Лубрикатор 3-х секционный	11
17	Рабочие и аварийные отводы ПВО	18
18	Спайдер	22
19	Бурильные трубы	4899

**Результаты технического
диагностирования.**

Эlevator:

Проверено	Кол-во единиц с дефектами, шт.	% единиц с дефектами от общего количества
193	30	16,0

Характерные дефекты:

- механические повреждения, трещины, задиры, остаточная деформация;
- износ торцевой поверхности под замок более 2 мм;
- уменьшение высоты проушины в месте соприкосновения со штропом более чем на 10% проектной высоты;
- износ отверстий корпуса под ось дверцы элеватора более 1,5 мм (люфт запорного устройства).

Обнаружено:

- 11 элеваторов - износ отверстий корпуса под ось дверцы элеватора более 1,5 мм (люфт запорного устройства);
- 5 элеваторов - износ торцевой поверхности под замок более 2 мм;
- 10 элеваторов – неработоспособность устройства (неисправность дверцы, фиксатора запорного устройства, отсутствие ручки элеватора, пружины фиксатора дверцы, механические повреждения элеваторов);
- 4 элеватора – использование не по назначению (изменение проходного отверстия под меньший диаметр).

Возможные причины возникновения:

- длительная эксплуатация, в результате которой произошел износ отверстий корпуса и торцевых поверхностей;
- отсутствие своевременного ремонта и технического обслуживания.

Переводник:

Проверено	Кол-во единиц с дефектами, шт.	% единиц с дефектами от общего количества
340	10	2,9

Характерные дефекты:

- механические повреждения, трещины, задиры, остаточная деформация;
- износ резьбы более трех ниток на ниппельной или муфтовой частях переводника.

Обнаружено:

- 10 переводников – износ резьбы более трех ниток на ниппельной или муфтовой частях переводника.

Возможные причины возникновения:

- длительная эксплуатация в результате которой произошел износ ниток резьбы ниппельной или муфтовой частях переводника.

Блоки (талевые, крюкоблоки, кронблоки):

Проверено	Кол-во единиц с дефектами, шт.	% единиц с дефектами от общего количества
12 талевых блоков, крюкоблоков	5	42
12 кронблоков	2	16,7

Характерные дефекты:

- износ ручья по глубине более чем на 40 % радиуса ручья;
- частичные обломы реборд;
- трещины.

Обнаружено:

- 2 Кронблока – механические повреждения (скол ролика, частичные обломы реборд);
- 4 крюкоблока – люфт зева крюка;



- 1 крюкоблок – неисправность фиксатора стопора подвески талевого блока.

Возможные причины возникновения:

- длительная эксплуатация в результате которой произошел износ отверстий и пальцев для крепления зева крюка;
- отсутствие своевременного ремонта и технического обслуживания.

Спайдер:

Проверено	Кол-во единиц с дефектами, шт.	% единиц с дефектами от общего количества
22	8	36,4

Характерные дефекты:

- механические повреждения, трещины, задиры, остаточная деформация;
- износ отверстий корпуса под ось навесного оборудования (люфт запорного устройства).

Обнаружено:

- 6 спайдеров – неработоспособность устройств (отсутствие навесного оборудования);
- 2 спайдера – износ (люфт коромысла и крепления подвески клиньев).

Возможные причины возникновения:

- длительная эксплуатация, в результате которой произошел износ отверстий корпуса и пальцев для крепления навесного оборудования;
- Отсутствие своевременного ремонта и технического обслуживания.

Универсальный машинный ключ:

Проверено	Кол-во единиц с дефектами, шт.	% единиц с дефектами от общего количества
30	7	23,3

Характерные дефекты:

- механические повреждения, трещины, задиры, остаточная деформация;
- износ отверстий корпуса под ось навесного оборудования (люфт защелки дверцы).

Обнаружено:

- 3 машинных ключа – остаточная деформация на рабочих поверхностях;
- 2 машинных ключа – износ (люфт защелки дверцы).
- 2 машинных ключа – неработоспособность устройств (отсутствие защелки дверцы).

Возможные причины возникновения:

- длительная эксплуатация, в результате которой произошел износ отверстий корпуса и пальцев для крепления защелки дверцы и возникла остаточная деформация;
- отсутствие своевременного ремонта и технического обслуживания.

Лубрикатор 3-х секционный:

Проверено	Кол-во единиц с дефектами, шт.	% единиц с дефектами от общего количества
11	3	27,3

Характерные дефекты:

- механические повреждения, трещины, задиры, остаточная деформация;
- износ резьбы более трех ниток.

Обнаружено:

- 3 лубрикатора - износ более трех ниток резьбового соединения накидной гайки нижней секции.

Возможные причины возникновения:

- длительная эксплуатация, в результате которой произошел износ более трех ниток резьбового соединения накидной гайки нижней секции.

Бурильные трубы:



Проверено	Кол-во единиц с дефектами, шт.	% единиц с дефектами от общего количества
11	3	27,3

Характерные дефекты:

- искривления, вмятины, риски, насечки, надрезы на трубах и муфтах, трещины, вмятины, забои резьбы;
- уменьшение (износ) толщины стенки тела бурильных труб.

Обнаружено:

- 22 трубы – отклонение от прямолинейности;
- 195 труб - утонение толщины стенки тела труб с 9,19мм до 6,7мм. Трубы относятся к III классу;
- 4 трубы - утонение толщины стенки тела труб с 9,19мм до 5,6мм. Трубы подлежат выводу из эксплуатации;
- 3 трубы - механические повреждения тела трубы (вмятины);
- 300 труб – износ резьбы на ниппельной и муфтовой частях замкового соединения;
- 6 труб – трещины на муфтовых частях замкового соединения;
- 6 труб – сколы на ниппельных частях замкового соединения;
- 198 труб – риски, задиры по телу бурильных труб.

Возможные причины возникновения:

- длительная эксплуатация, в результате которой произошел абразивный износ тела труб под действием растворов и трения с обсадной колонной, износ резьбовых

соединений, возникновение рисков и задиры по телу труб;

- нарушение технологических процессов при эксплуатации бурильных труб, в результате чего образовались трещины и сколы на муфтовых и ниппельных частях замковых соединений, вмятины по телу трубы.

Выводы.

Проведенные работы по техническому диагностированию нефтепромыслового оборудования и инструмента позволили выявить недопустимые дефекты и отклонения, понять возможные причины их возникновения и предотвратить аварийные ситуации. Результаты данной работы в очередной раз подтверждают необходимость своевременного проведения технического диагностирования нефтепромыслового оборудования и инструмента для оценки его технического состояния, определения необходимости и возможности проведения ремонтно-восстановительных работ или вывода из эксплуатации с целью предотвращения возникновения аварийных ситуаций и обеспечения безотказной работы нефтепромыслового оборудования и инструмента. Для качественного проведения технического диагностирования важную роль играют сведения о ранее проведенном диагностировании и всех работах, связанных с эксплуатацией оборудования, которые должны своевременно вноситься в паспорта на каждую единицу оборудования.

Литература

1. РД 39-12-960-83. «Методика неразрушающего контроля элеваторов и штропов». Куйбышев: ВНИИТнефть, 1984. Утвержден Миннефтепромом СССР 14.12.83.
2. РД 39-12-1150-84. «Технология неразрушающего контроля вертлюгов». Куйбышев: ВНИИТнефть, 1984. Утвержден Миннефтепромом СССР 20.08.84.
3. РД 39-12-1224-84. «Технология неразрушающего контроля кронблоков и талевых блоков». Куйбышев: ВНИИТнефть, 1985. Утвержден Миннефтепромом СССР 14.01.85.



4. РД 39-0147014-527-86. «Технология неразрушающего контроля крюкоблоков и крюков грузоподъемных механизмов». Куйбышев: ВНИИТнефть, 1986. Утвержден Миннефтепромом СССР 14.03.86.
5. РД РОСЭК-004-97 «Машины грузоподъемные. Контроль капиллярный. Общие положения».
6. РД РОСЭК-001-96 «Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Контроль ультразвуковой. Основные положения».
7. РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю».
8. РД 39.2.787-82 «Методика дефектоскопии концов бурильных труб».
9. РД 39-12-644-81. «Методика неразрушающего контроля элементов универсального машинного ключа УМК-1С».
10. РД 39-2-381-80. «Методика ультразвуковой дефектоскопии зоны сварного шва бурильных труб типа ТБПВ и классификация труб по результатам контроля».
11. РД 39-Р-0135391-039-90 «Методика ультразвуковой дефектоскопии зоны сварного шва бурильных труб с приваренными замками».
12. ТИО 210-4-9-87 «Инструкция. Ультразвуковой контроль. Сварные швы устьевого оборудования не коррозионного исполнения».
13. РД 41-01-25-89 «Инструкция. Неразрушающий контроль бурового инструмента и оборудования при эксплуатации. Организация и порядок проведения».



ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИМ ВОЗМОЖНОСТЯМ ЭКСПЕРТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ ПО ЭКСПЕРТИЗЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 658.5

Ряднов И.И.	Ведущий эксперт ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Сизов В.Н.	Ведущий эксперт ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Орлов А.В.	Начальник ЛНК ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Нарожный А.Д.	Инженер 1 категории экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Беляев Г.С.	Директор по науке и технике ООО «Промтехэкспертиза»

12.11.2015

Аннотация. В статье рассматриваются требования, предъявляемые нормативной документацией Ростехнадзора и системой добровольной аккредитации (СДА) к организациям, осуществляющим деятельность по экспертизе промышленной безопасности технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, в части организационно - технических возможностей осуществления подобной деятельности.

Ключевые слова: экспертиза промышленной безопасности, лицензирование экспертизы, система добровольной аккредитации, руководство по качеству.

В соответствии с Федеральным законом [1] ФЗ-№99 «О лицензировании отдельных видов деятельности» основным документом, дающим право на проведение экспертизы промышленной безопасности (далее - ЭПБ) опасных производственных объектов (далее – ОПО), является лицензия, которая выдается Центральным аппаратом Ростехнадзора экспертным организациям, которые соответствуют установленным лицензионным требованиям и условиям. Кроме того, действующим законодательством предусмотрена возможность добровольной аккредитации экспертных организация в Системе добровольной аккредитации (СДА), которая позволяет беспристрастно

оценить возможности и компетентность этих организаций и, следовательно, существенно повысить профессиональный уровень выполняемых ею работ.

Деятельность экспертной организаций согласно Закону [1] о лицензировании подлежит контролю со стороны лицензирующего органа, т.е. Ростехнадзора, в части проверок соблюдения лицензионных требований и условий, установленных Положением [2] о лицензировании данной деятельности. Согласно требованиям вновь принятых нормативных актов, лицензионные проверки совмещаются с плановыми контрольными мероприятиями, которые проводит Ростехнадзор в установленных

случаях, в отношении организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности. Периодичность проверок экспертных организаций - один раз в три года. Лицензионные требования и условия в Положении [2], установлены пунктом 5, включавшем в предыдущей редакции два подпункта. Согласно подпункту «б» данного пункта в ходе проверки лицензионных требований и условий проверяется «проведение экспертизы и оформление результатов экспертизы в соответствии с требованиями, установленными нормативными правовыми актами Российской Федерации в области промышленной безопасности». Подобная широкая формулировка позволяет должностному лицу Ростехнадзора проверять все аспекты деятельности экспертной организации, а также выборочно проверять выполненные и оформленные заключения ЭПБ. Указанное положение сохранилось без изменений и в новой редакции данного документа – в пункте 5в Положения [2].

Подпункт «а» данного пункта в предыдущей редакции Положения устанавливал одним из лицензионных требований наличие в организации, как минимум, одного аттестованного эксперта, для которого работа в организации является основной. Область аттестации этого эксперта определяла возможные направления деятельности экспертной организации по видам надзора (химия, нефтепереработка, котлонадзор, подъемные сооружения и т.д.) и по видам объектов экспертизы (здания и сооружения, технические устройства, документация, декларация, обоснование промышленной безопасности).

Анализируя содержание ранее действующей редакции Положения [2] лицензионных требований и условий, можно было сделать вывод, что для

экспертной организации, впервые приступающей к деятельности, практически существовало только одно требование, установленное пунктом 5 «а» – наличие одного штатного аттестованного эксперта. Требование пункта 5 «б» (соблюдение требований при проведении экспертизы) для неё не применимы, т.к. она ещё не приступила к экспертной деятельности. Если для экспертной организации, предполагающей осуществлять экспертизу документации, столь простые лицензионные требования и условия вполне естественны, то для организаций проводящих экспертизу технических устройств (далее – ТУ), зданий и сооружений они явно недостаточны. Ранее при лицензировании подобных экспертных организаций к ним предъявлялись более серьёзные требования, например, в котлонадзоре и надзоре за подъёмными сооружениями, действовал руководящий документ (РД) [3], который устанавливал целый комплекс требований по наличию организационно-технических условий, помимо наличия экспертов, для осуществления деятельности по экспертизе ТУ, - наличие оборудования, помещений, системы качества, организация метрологического обеспечения, документооборот и т.д. Начиная с 2011 года указанное РД исчезло из Перечня нормативных документов Ростехнадзора, при этом никаких нормативных актов Ростехнадзора о его отмене не было, и данное РД во всех информационных базах числится как действующий документ. Следует сказать, что указанное РД, даже при столь неопределённом статусе, можно использовать в качестве хорошего методического документа при осуществлении контрольных мероприятий Ростехнадзора или инспекционных проверок в отношении экспертных организаций. Весьма полезен

он будет и при разработке документов системы качества. Вступившие недавно (с октября 2015 года.) в силу изменения к Положению [2] вернули требования, предъявляемые к экспертным организациям, в части их оснащения и наличия у них помещений для осуществления деятельности, а также установили требование к наличию в штате как минимум трех экспертов, которые соответствуют требованиям, установленным федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности, которые аттестованы в порядке, установленном Правительством Российской Федерации, в области аттестации, соответствующей заявляемым работам (услугам), и для одного из которых работа в этой организации является основной. Таким образом, перечень лицензионных требований и условий к данному виду деятельности существенно расширен.

В настоящее время повышение требований к экспертным организациям реализуется также путем ужесточения требований к экспертам, проводящим экспертизу, и изменения порядка их аттестации. Согласно вновь вступившим в силу нормативным документам, повышены требования к кандидатам на получение удостоверения эксперта. Аттестация экспертов возложена не на независимые органы по их аттестации, а на комиссию при центральном аппарате Ростехнадзора.

В 2007 году в рамках образованной Единой системы оценки соответствия на объектах, подконтрольных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (далее - ЕС ОС Ростехнадзора), силами инспекционных организации, прошедших аккредитацию в указанной системе, предполагалось проводить проверки организационно-технической готовности организаций, занятых видами деятельности в области

промышленной безопасности, в том числе и экспертных организаций. (Положение о ЕСОС, РД-03-21-2007). Данный механизм инспекционного контроля мог представлять альтернативу прямому государственному надзору за указанными видами деятельности.

Очевидно, что идеи, заложенные при создании ЕС ОС Ростехнадзора, не совсем отвечали принципам вступавшего в силу в этот период Закона о техническом регулировании [4]. Поэтому менее чем через два года указанный руководящий документ утратил силу в связи с изданием Приказа Ростехнадзора от 10.03.2009 N 142 и ЕС ОС Ростехнадзора прекратила существование.

В организации, осуществляющей деятельность по экспертизе промышленной безопасности, должна существовать система качества согласно требованиям комплекса стандартов ИСО серии 9000. Система качества должна охватывать все процессы, выполняемые предприятием при осуществлении своей деятельности. Основной руководящий документ системы качества – руководство по качеству (далее РК), определяющее деятельность по обеспечению качества и формы её документирования. Как показывает опыт, в части организаций данный документ составляется формально, - фактически является прямой перепечаткой текста отдельных положений комплекса стандартов ИСО серии 9000. Весьма подробно в таких документах описываются малозначимые и не реализуемые на практике процедуры как, например, обеспечение конфиденциальности, внутренний аудит и т.п. Обычно незначительное по объёму, само РК в таких случаях является чисто формальным документом. При этом обычно в нем не проводится детализация содержания, т.к. аудитор системы качества, который проверяет

наличие Руководства по качеству, обращает основное внимание на то, чтобы оно соответствовало по структуре ГОСТам ИСО серии 9000.

Основой для составления РК должны быть сложившиеся в экспертной организации алгоритмы действий и формы документирования в процессе осуществления экспертизы, если конечно организация не вновь организуется. ГОСТы серии ИСО необходимы лишь для соответствующего требованиям оформления и структурного построения данного документа. Наполнение содержания РК прямыми выборками из текстов этих ГОСТов не добавляет ясности и конкретики, а лишь затрудняет их восприятие.

Более целесообразным является такой путь создания системы менеджмента качества (далее - системы качества), когда организация включает описание всех ранее сложившихся алгоритмов производственного процесса и формы их документирования (по терминологии ИСО 9000 – процедур качества) в текст руководства по качеству и структурирует его согласно требованиям ИСО 9000. Объем этого документа будет сравнительно небольшим, что избавит организацию от излишнего документооборота, и даст возможность сотрудникам легко и быстро ориентироваться в требованиях системы качества и выполнять эти требования.

Определяющим признаком действующей, а не формальной системы качества организации, является наличие установленных этой системой форм первичной и отчетной документации процессов экспертизы, включая формы документирования процедур при техническом диагностировании, входящем в состав экспертизы технических устройств, зданий и сооружений. Эти формы должны охватывать все стадии процесса

экспертизы, начиная с согласования графика работ с заказчиком и кончая оформлением выдачи ему готового заключения ЭПБ. Общие принципы документирования системы обеспечения качества изложены в стандарте [5]. Формы документирования стадий процесса должны быть установлены РК (обычно в виде приложений к руководству). Основным признаком формально составленного руководства по качеству специализированной организации и является отсутствие в нем данных конкретных форм документирования выполняемых в процессе работы действий (документирования процедур качества).

РК выполняется в виде одного документа или, на крупных многопрофильных предприятиях, в виде системы документов качества, включающей основной документ.

Система качества является частью системы управления предприятием. Система качества организуется в соответствии со спецификой и задачами конкретного предприятия. Разработка и внедрение ГОСТов семейства стандартов ИСО 9000 началось в нашей стране с 1987 года. Семейство стандартов ИСО серии 9000, было разработано для того, чтобы методически помочь организациям всех типов и размеров внедрить и обеспечить функционирование систем качества. Комплекс стандартов ISO 9000 описывает основные положения систем качества и устанавливает терминологию для систем менеджмента качества. Комплекс стандартов ISO 9001 устанавливает общие требования к системам качества по различным направлениям деятельности.

Порядок построения РК носит необязательный характер и зависит от потребностей организации. В

соответствии с [6] в их состав рекомендуется включать следующие разделы:

- наименование, область применения;
- оглавление;
- вводную часть об организации и самом Руководстве по качеству;
- политику в области качества (заявление о политике в области качества);
- описание организации, ответственности и полномочий;
- определения (если в этом есть необходимость);
- приложения с дополнительной информацией, в т.ч. формы документирования.

КР должно содержать описание элементов системы качества в соответствии с параграфами стандарта ИСО 9001.

Если в штате экспертной организации имеется аттестованная лаборатория неразрушающего контроля (далее – НК), то руководство по качеству данной лаборатории, вследствие специфики деятельности подобного подразделения, целесообразно выделить в отдельный документ. РК экспертной организации будет являться по отношению к нему основным документом системы качества организации. Требования к составу и содержанию указанного документа хорошо прописаны в п. 5.3 Правил [7]. Согласно требованиям указанного документа, система качества лаборатории НК должна содержать описание:

- политики в области качества;
- области деятельности лаборатории НК;
- организационной структуры лаборатории НК;
- задач и функциональных обязанностей руководства и персонала лаборатории НК согласно их должностным инструкциям;

- процедур проведения работ по НК, включая оформление результатов контроля и выдачу заключений;
- процедур учета, контроля и использования документации;
- процедур, организации и проведения поверки и технического обслуживания средств НК;
- процедур поверки технического состояния средств НК после их транспортировки и доставки на рабочее место;
- правил обеспечения конфиденциальности и охраны прав собственности;
- процедур проведения внутренних проверок;
- организации обратной связи и корректирующих действий при выявлении несоответствий;
- процедур рассмотрения рекламаций, претензий;
- порядка корректировки документов системы качества.
- РК лаборатории НК в общем случае должно содержать, как минимум, следующие формы документирования процедур:
 - журнал учета и регистрации действующей НТД;
 - график аттестации персонала лаборатории;
 - график поверки средств неразрушающего контроля и диагностики;
 - журнал регистрации заключений (актов, протоколов) по неразрушающему контролю;
 - перечень материалов, подлежащих входному контролю;
 - журнал входного контроля средств и материалов НК;
 - карточка средств неразрушающего контроля;
 - журнал регистрации жалоб претензий и рекламаций;
 - лист регистрации изменений в руководстве по качеству.

Форма первичного документа по неразрушающему контролю – журналов неразрушающего контроля, заполняемых непосредственно дефектоскопистом, и актов (протоколов, заключений), устанавливается, как правило, соответствующими руководящими документами по НК, разработанными головными специализированными организациями в данном виде деятельности на основе требований ГОСТов по НК. Например, формы журналов и актов по ультразвуковой толщинометрии и дефектоскопии в подъёмных сооружениях установлены РД – РОСЭК-001-96 (ультразвуковая дефектоскопия) и РД–РОСЭК-006-97 (ультразвуковая толщинометрия). Составленные на основании записей в журналах (первичных документах) акты (протоколы, заключения) (отчетные документы) регистрируются с присвоением номера в общем по лаборатории и по всем видам НК журнале регистрации результатов НК. Форма журнала регистрации результатов НК (актов, протоколов, заключений) устанавливается руководством по качеству, как форма документирования данной процедуры качества (неразрушающего контроля).

Все действующие нормативные документа, имеющие отношение к ЭПБ, регистрируются в журнале регистрации НТД организации с присвоением номера. Контрольные экземпляры хранятся в архиве организации, а копии этих документов выдаются под роспись на руки исполнителям. Имеющаяся база НТД постоянно актуализируется в связи с отменой одних документов и вступлением в силу других, а также в связи с внесением в них изменений. Все эти изменения и дополнения также, в установленном руководством по качеству порядке, доводятся до исполнителей, к чьей деятельности они имеют отношение.

При разработке перечня материалов, подлежащих входному контролю, и журнала входного контроля необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ [8] (в наименовании которого, в последнем издании от 2013 года малопонятный для большинства пользователей термин «входной контроль» заменен разработчиками на более привычный и понятный «верификация»).

В число прочих приложений к руководству по качеству целесообразно включить положение об архиве организации и положение о порядке подготовки и аттестации работников (специалистов, экспертов и дефектоскопистов).

Нужно иметь в виду, что лаборатория НК может выполнять работы не только при проведении экспертизы. Как правило, большинство небольших ремонтных и монтажных организаций выполняющих ремонт и монтаж ТУ, используемых на ОПО, с применением сварочных технологий, не имеют собственных лабораторий НК. Контроль сварных швов методами неразрушающего контроля в таких случаях выполняется, как правило, силами сторонних организаций, в т.ч. экспертных. Поэтому систему качества лаборатории НК лучше жестко не связывать системой качества всей экспертной организации во избежание возможного появления каких либо юридических коллизий в определенных ситуациях в части полномочий осуществления данной деятельности. Помимо этого, если экспертная организация осуществляет деятельность по ремонту и монтажу ТУ, то лучше не объединять эти два вида деятельности (экспертиза и ремонт, монтаж) в едином РК и за их совершенно разной специфики (если, конечно, не подходить к делу организации системы качества с чисто формальной стороны). В этом случае в



системе качества для организации целесообразно иметь главный документ и документы качества по каждому направлению деятельности.

РК экспертной организации в общем случае должно устанавливать следующие формы документирования (для случая, если лаборатория НК имеет отдельное руководство по качеству):

- график аттестации специалистов и экспертов;
- журнал регистрации действующей НТД;
- график проведения внутренних проверок;
- журнал регистрации заключений экспертизы ПБ;
- журнал учета работ по проведению технического освидетельствования объектов;
- журнал учета работ по составлению дубликатов эксплуатационной документации;
- журнал регистрации жалоб претензий и рекламаций;
- график и журнал внутренних проверок (аудита) системы качества;
- лист регистрации изменений в руководстве по качеству.

Как и в любом другом виде деятельности, в экспертизе промышленной безопасности документирование процедур качества означает:

- 1) что системой качества (руководством по качеству) установлены формы документирования (журналы, акты, формуляры и т.д.);
- 2) что указанная документация имеется на рабочих местах у ответственных исполнителей;

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.2012г №99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности»//опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 13.07.2015.
2. Положение о лицензировании деятельности по проведению экспертизы промышленной безопасности Утв. Постановлением Правительства РФ от 04 .07.2012г

3) в указанных формах отражаются результаты контроля (результаты реализации процедур качества), т.е. документация ведется.

При выполнении данных условий можно констатировать, что в экспертной организации существует реальная, а не формальная система качества.

РК предназначено в первую очередь для внутреннего пользования в организации. Все специалисты в обязательном порядке знакомятся с РК и с изменениями, вводимыми в него в процессе актуализации. Надзорным, регулирующим, властным органам, а также организациям - потребителям услуг организации и организациям, сотрудничающим с организацией, по их просьбе может быть представлено руководство для оценки дееспособности экспертной организации и адекватности применяемых ею мер по обеспечению качества.

Номерные экземпляры РК выдаются под роспись должностным лицам организации, ответственным за реализацию установленных руководством элементов (процедур) качества. РК не реже одного раза в год проверяется заместителем директора экспертной организации и актуализируется им. Все изменения вносятся в текст руководства после утверждения директором и фиксируются в листе регистрации изменений, приложенным к Руководству. Актуализации и внесению изменений подлежат только нумерованные, не копированные экземпляры Руководства по качеству.



- № 682 (с изм. от 06.10.2015г) // опубликовано на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 08.10.2015.
3. Методические указания по обследованию специализированных организаций (центров) осуществляющих диагностирование объектов котлонадзора и подъемных сооружений: руководящий документ РД 10-237-98, утвержден постановлением от 01.09.1998г № 54 Госгортехнадзора России// Сборник документов – сер. 10 – вып.5- изд. 2 доп.: ГУП НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России – М, 2003г.
 4. О техническом регулировании: федеральный Закон от 27.12.2002г №184-ФЗ (в ред. от 13.07.2015г.) //опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 21.04.2015).
 5. Система менеджмента качества: государственный стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2011// Информационный бюллетень о нормативной, методической и типовой проектной документации", N 4, 2011.
 6. Руководящие указания по документированию систем менеджмента качества: международный стандарт ИСО 10013-2013 //Информационный бюллетень о нормативной, методической и типовой проектной документации", N 3, 2013.
 7. Правила аттестации и основных требований к лабораториям неразрушающего контроля Правила безопасности ПБ 03-372-00: утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 02.06.2000 № 29// "Российская газета", N 177, 13.09.2000.
 8. Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля: государственный стандарт ГОСТ 24297-2013//ИПК Издательство стандартов – М, - 2013.



ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ, НЕ ПОДЛЕЖАЩИХ РЕГИСТРАЦИИ В ОРГАНАХ РОСТЕХНАДЗОРА

УДК 340.132.6

Сизов В.Н.	Ведущий эксперт ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»),
Ряднов И.И.	Ведущий эксперт ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»),
Орлов А.В.	Начальник ЛНК ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»),
Нарожный А.Д.	Инженер 1 категории экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Хохлов В.Г.	Эксперт в области промышленной безопасности Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

12.11.2015

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы проведения одной из форм оценки соответствия – экспертизы промышленной безопасности подъемных сооружений, используемых на опасных производственных объектах, в свете требований вновь вступивших в силу нормативных документов Ростехнадзора.

Ключевые слова: экспертиза промышленной безопасности, подъемные сооружения, оценка соответствия.

Требования законодательства в сфере оценки соответствия, установлены нормативными документами о техническом регулировании, и, прежде всего, Федеральным законом о техническом регулировании [1]. При этом указанный Федеральный закон предусматривает всего две формы оценки соответствия: декларирование и сертификацию (добровольную и обязательную).

Оценка соответствия в том понимании, в каком раскрывает, и регламентирует ее указанный Федеральный закон [1], не охватывает все многообразие существующих правовых форм и видов деятельности по оценке соответствия. За рамками отношений, устанавливаемых Федеральным законом [1], остается ряд

отраслевых норм, которые в силу установленных соответствующим законодательством положений, также определяют требования к порядку осуществления видов деятельности по оценке соответствия. Например, требования в области промышленной безопасности, в силу прямого указания на это ст. 1 Федерального закона [1], выводятся за рамки действия этого закона и регламентируются соответствующим законодательством, за некоторыми исключениями, в частности оценки соответствия технических устройств (далее - ТУ), применяемых на опасных производственных объектах (далее - ОПО) (пункт 2 статьи 7 Федерального закона [2]).

Формами оценки соответствия в широком смысле (т.е. устанавливаемых

не только Федеральным законом о техническом регулировании [1]), в зависимости от вида деятельности по оценке соответствия являются:

- экспертиза;
- декларирование;
- сертификация;
- лицензирование;
- нормирование;
- аттестация;
- аккредитация;
- обоснование безопасности;
- опытная эксплуатация и пр.

Данный перечень форм оценки соответствия в части промышленной безопасности меняется; например, исчезла такая форма оценки соответствия, как разрешение на применение, при этом появились новые – обоснование безопасности, опытная эксплуатация.

Согласно основной идее Закона [2], термин "промышленная безопасность опасных производственных объектов" имеет в виду аварии и последствия указанных аварий, как факты, от которых осуществляется защита жизненно важных интересов личности и общества. Правовыми средствами этой защиты служат, в числе прочего, и установленные законодательством вышеперечисленные формы оценки соответствия. Экспертиза промышленной безопасности является одним из элементов государственного регулирования промышленной безопасности. Экспертиза промышленной безопасности, согласно своему определению, установленному пунктом 1 статьи 13 Закона [2], является «оценкой соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, результатом которой является заключение». Соответственно, требования нормативной документации по промышленной определяют основания и порядок проведения

экспертизы промышленной безопасности; лицензирование в области промышленной безопасности; обоснования безопасности опасного производственного объекта, опытное применение и т.д. Исходя из своей характеристики, указанные виды деятельности составляют отраслевые разновидности деятельности по оценке соответствия, существующие в рамках законодательства о промышленной безопасности.

Обязательные требования к ТУ, применяемым на опасном производственном объекте, и формы оценки их соответствия таким обязательным требованиям, устанавливаются, согласно пункта 2 статьи 7 Закона [2], в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании.

Пунктом 2 статьи 6 Закона [2] среди обязательных требований, предъявляемые к соискателю лицензии, для принятия положительного решения о предоставлении лицензии на эксплуатацию опасных производственных объектов, альтернативно названы два возможных документа. Таким, требованиями являются:

- наличие документов, которые подтверждают ввод опасных производственных объектов в эксплуатацию;
- наличие положительных заключений экспертизы промышленной безопасности на технические устройства, применяемые на опасных производственных объектах, здания и сооружения на опасных производственных объектах.

Экспертиза ТУ предусматривает оценку соответствия технологического оборудования, агрегатов и механизмов, технических систем и комплексов, приборов и аппаратуры требованиям нормативных технических документов в



области промышленной безопасности, а также оценку технического состояния технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах.

Большинство ЭПБ, которые проводятся ТУ, применяемым на ОПО, проводится с целью продления срока их эксплуатации сверх установленного изготовителем или продленного по результатам предыдущей экспертизы. Решение о продолжении эксплуатации ТУ, оборудования и сооружений в пределах продленных сроков эксплуатации, их замене, ремонте или снижении рабочих параметров принимается руководителем эксплуатирующей организации. Решение не должно противоречить выводам экспертизы промышленной безопасности, содержащимся в заключении. При этом надо обратить внимание, что в настоящее время осуществлять продление срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах в юридическом смысле не требуется. Приказ Минприроды России от 08.04.2014 N 173 отменил действие Порядка продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах, утвержденного Приказом Минприроды России от 30.06.2009 N 195. Т.е. как юридической процедуры, продления срока эксплуатации ТУ не существует. В связи с выходом указанных документов, экспертиза промышленной безопасности проводится (в юридическом понимании), не с целью продления срока безопасной эксплуатации, а с целью оценки соответствия технического устройства, отработавшего установленный срок эксплуатации или срок эксплуатации, установленный по результатам предыдущей ЭПБ. Соответственно, в имеющемся, согласно требований п. 25 Федеральных норм и правил (ФНП) [3]

по проведению экспертизы, разделе 5 заключений ЭПБ «Цель экспертизы» не должна присутствовать прямая формулировка о «продлении срока безопасной эксплуатации». Цель экспертизы в данном разделе должна быть обозначена как оценка соответствия ТУ, отработавшего установленный срок эксплуатации.

Порядок проведения экспертизы промышленной безопасности, требования к оформлению заключения экспертизы и требования к экспертам в области промышленной безопасности установлены ФНП [3] по проведению экспертизы промышленной безопасности. Указанные ФНП выпущены взамен ранее действующих ПБ 03-246-99 и ряда РД по проведению экспертизы в различных видах надзора. ФНП [3] и вступившие в силу дополнения к ним от 2015г конкретизировали, вслед за новой редакцией ФЗ №116, требования к кругу объектов экспертизы.

В старой редакции Закона [2] от 2011г пункт 5 статьи 7 устанавливал, что «технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, в процессе эксплуатации подлежат экспертизе промышленной безопасности в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности, если иная форма оценки соответствия таких технических устройств обязательным требованиям к ним не установлена техническими регламентами.» Устанавливая подобное положение («в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти в области промышленной безопасности»), законодатель имел в виду что Ростехнадзор самостоятельно определит, какие ТУ подлежат ЭПБ и в каких случаях. Во исполнение данного положения федерального закона в каждом надзоре были разработаны руководящие документы (РД), -

положения о проведении экспертизы, в которых устанавливались случаи необходимости проведения экспертизы, в частности - ТУ. Всего этих положений было 8 по всем видам надзора кроме надзора за объектами магистрального трубопроводного транспорта, где подобное положение не было разработано. При этом можно констатировать, что кроме случая проведения ЭПБ ТУ, отработавших установленный срок (что определялось общим для всех видов надзора действовавшим в то время РД 03-484 - 02), общего подхода к определению случаев, когда необходимо проводить экспертизу ТУ, в этих положениях не было. Например, в РД 09-539-03 (химия, нефтехимия и нефтепереработка) экспертиза ТУ проводилась при отсутствии паспорта ТУ, или просто по требованию органов Ростехнадзора, чего не было в РД 10-528-03 (подъемные сооружения) и в РД 10-520-03 (котлонадзор). В других РД ситуация, когда необходимо проведения ЭПБ ТУ прописывались ещё менее конкретно. Аналогичная неопределенность в указанных положениях имела место и с ЭПБ ТУ перед их постановкой на производство, что описано авторами в статье отраслевого журнала [4].

Эффективность действующих нормативных актов определяется конкретностью используемых в них различных понятий и правовых категорий, которые позволяют давать реальную и практическую оценку регулируемой законом деятельности (в данном случае - деятельности связанной с эксплуатацией ОПО). Поэтому основным требованием к любому нормативно-правовому акту является требование определенности категорий и понятий, исключающее произвольное применение правовых терминов и позволяющее единообразно применять существующие стандарты, требования,

правила, предъявляемые государственными органами к подконтрольной им деятельности. Вышеописанная ситуация говорит о том, что в рамках действия прежней редакции статьи 7 Закона [2] не удалось обеспечить подобного единообразного применения нормы о ЭПБ ТУ даже в рамках нормативной базы одного федерального органа – Ростехнадзора.

Очевидно, при наличии подобного положения, законодателем с 2013 года в новой редакции п. 2 ст.7 Закона [2] установлено, что «если техническим регламентом не установлена иная форма оценки соответствия технического устройства, применяемого на опасном производственном объекте, обязательным требованиям к такому техническому устройству, оно подлежит экспертизе промышленной безопасности» и далее следует перечисление конкретных исчерпывающих случаев, когда необходимо проводить экспертизу промышленной безопасности. Все указанные в законе случаи проведения ЭПБ ТУ дословно приведены в ФНП [3] по проведению ЭПБ, без привязки к видам надзора. Соответственно с вступлением в силу данного положения закона [2] и правил [3] по проведению ЭПБ, потеряли силу все вышеуказанные положения по проведению ЭПБ в различных видах надзора.

В вступивших в силу в 2012 году ФНП [5] по подъемным сооружениям пунктом 264 установлено, что экспертизе промышленной безопасности, включая случай отработки подъемным сооружением установленного срока эксплуатации, подлежат только те ТУ, которые подлежат учету в органах Ростехнадзора. В этой же статье установлен прямой запрет на проведение экспертизы подъемным сооружениям, не подлежащим учету, которые перечислены в п. 148 указанных ФНП.

При этом указанные ФНП, в отсутствие логики, не устанавливают прямо запрет на эксплуатацию ТУ, не подлежащих учету в органах Ростехнадзора, если они отработали установленный изготовителем срок эксплуатации.

Данное положение ФНП [5] по подъемным сооружениям не гармонизировано с законодательством о промышленной безопасности, в части пункта 2 статьи 7 Закона [2], так как содержит неопределенность в отношении возможности эксплуатации подъемных сооружений (далее – ПС), не подлежащих учету в органах Ростехнадзора, сверх установленного изготовителем или нормативной документации срока эксплуатации.

Как указывалось выше, новая редакция ст. 7 закона [2], в отличие от ранее действовавшей, не дает Ростехнадзору самостоятельно определять случаи проведения ЭПБ ТУ, включая принятие решений какие ПС, отработавшие установленные срок эксплуатации, подлежат ЭПБ а какие нет. Термин «техническое устройство», которым оперирует законодатель в законе [2] является единым, установленном ст.1 данного закона, не делится на ТУ, подлежащие и ТУ, не подлежащие учету в Ростехнадзоре. Соответственно норма п. 2 ст.7 закона [3] о проведении ЭПБ ПС должна единообразно распространяется на все ТУ ПС, вне зависимости о необходимости постановки их на учет в Ростехнадзоре или отсутствия таковой. Разработчикам данных ФНП [5] необходимо установить конкретную норму в отношении возможности эксплуатации сверх установленного изготовителем срока ПС, не подлежащих учету в органах Ростехнадзора.

Более корректно данный вопрос решен в ФНП [6] по оборудованию под давлением, в котором требования проведения ЭПБ «по истечении срока службы (ресурса) или при превышении количества циклов нагрузки оборудования под давлением, установленных его изготовителем (производителем); или нормативным правовым актом» устанавливается вне зависимости от необходимости его учета. При этом для одного из видов ТУ (баллоны до 50л), на который распространяются ФНП [6], в пункте 485, прямо установлен запрет на эксплуатацию сверх установленного изготовителем срока службы, что исключает необходимость проведения ЭПБ. Подобные однозначные положения, установленные данным ФНП, в отличие от положений, установленных ФНП [5] по ПС, исключает возникновение неопределенности в процессе применения данного нормативного документа.

Таким образом, указанная неопределенность в определении возможности эксплуатации ПС, не подлежащих учету в органах Ростехнадзора, влечет нестабильность отношений в области применения указанного вида оценки соответствия для данной категории технических устройств. Критерии обязательности проведения или не проведения ЭПБ ПС, как и возможность или невозможность их эксплуатации, сверх установленного изготовителем срока, должны быть однозначно указаны в соответствующих ФНП [5] по ПС и соответствовать требованиям Закона [2] и разработанного в развитие его ФНП [3] по проведению ЭПБ.



Литература

1. О техническом регулировании: федеральный Закон от 27.12.2002г №184-ФЗ (в ред. от 13.07.2015г.) //опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 21.04.2015).
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон №116-ФЗ от 21.07.1997 года (в ред. от 13.07.2015г)// опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 13.07.2015).
3. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности, утвержденными Приказом Ростехнадзора №538 от 14.11.2013(в ред. от 03.07.2015г) //опубликовано на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 10.08.2015г.
4. Особенности экспертизы промышленной безопасности технических устройств, проводимой при получении разрешения на их применение. Злобин С.И., Кузьмин О.А., Волобуев А.Н., Павлов В.Н., Федоринин В.А./Безопасность труда в промышленности / 2011г - №2 – С.44-48.
5. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утверждены приказом Ростехнадзора от 12.11.2013г №533// бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти"- N 8 - 24.02.2014.
6. Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утверждены приказом Ростехнадзора от 25.03.2014г №116// бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти", N 38, 22.09.2014.



АТТЕСТАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА В ОРГАНИЗАЦИЯХ, ЗАНЯТЫХ ИЗГОТОВЛЕНИЕМ, РЕМОНТОМ И МОНТАЖОМ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ.

УДК 621.791

Нарожный А.Д.	Инженер 1 категории экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Одайкин А.П.	Ведущий инженер экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Муравьев В.С.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Орлов А.В.	Начальник ЛНК ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Егоров П.А.	Эксперт в области промышленной безопасности, начальник отдела Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

12.11.2015

Аннотация. В статье рассматриваются требования нормативной документации к специализированным предприятиям, осуществляющим деятельность по изготовлению, монтажу и ремонту технических устройств с применением сварочных технологий. Также рассматриваются требования к специалистам сварочного производства, организующим выполнение сварочных работ и разрабатывающим соответствующую технологическую документацию на указанных предприятиях.

Ключевые слова: аттестация специалистов сварочного производства, аттестация сварочных технологий, монтаж и ремонт технических устройств.

До вступления в силу Закона о техническом регулировании [1] Ростехнадзор (ранее – Госгортехнадзор) в пределах своей компетенции осуществлял контрольные функции на всех стадиях жизненного цикла технических устройств (далее – ТУ), применяемых на опасных производственных объектах (далее – ОПО): изготовлении, монтаже, наладке, эксплуатации, ремонте, реконструкции. После вступления в силу указанного Федерального Закона, изменившего

сферы ответственности надзорных ведомств, Постановлением Правительства [2] принятым в его исполнение, деятельность по надзору за изготовлением ТУ, применяемых на ОПО регулируется не нормативными документами Ростехнадзора, а техническими регламентами, контроль за исполнением которых возлагался этим же постановлением на Ростехрегулирование.

Согласно идеологии закона о техническом регулировании [1]

государственный надзор за процессами при изготовлении продукции заменяется надзором за конечной продукцией, причем только в сфере контроля её безопасности для потребителя и предотвращению возможности введения потребителя в заблуждение относительно её свойств.

Изготовление ТУ, хотя и осталось согласно ст. 6 Федерального закона [3], видом деятельности в области промышленной безопасности, но вышло из сферы контроля Ростехнадзора.

Указанные изменения в нормативной базе, повлекшие за собой перераспределение между надзорными ведомствами сфер ответственности, привели к изменениям в процедурах, связанных с аттестацией сварочного производства и аттестацией специалистов этого производства.

В действовавшей нормативной базе Госгортехнадзора имелось множество документов регламентирующих выполнение сварочных работ (правила, руководящие документы, письма, инструкции) и контроль качества их выполнения. Все ранее существовавшие головные институты, занятые проектированием технических устройств на ОПО, согласовывали разрабатываемую техническую документацию, относящуюся к подобным изделиям и процессам её изготовления с Ростехнадзором.

Представители Ростехнадзора, наряду с представителями головных организаций, согласно требованиям ранее действовавшей нормативной документации участвовали в предварительных, приемочных, квалификационных испытаниях опытных образцов, одной из главных задач которых являлась оценка способности предприятия к выпуску ТУ соответствующих требованиям промышленной безопасности, в первую

очередь обеспечения качества сварочных работ.

Ранее действующие правила Госгортехнадзора в разных областях надзора, как указывалось выше, устанавливали требования ко всем стадиям жизненного цикла ТУ на ОПО, начиная с проектирования. Значительную часть этих правил, а в некоторых и большую часть, например, правила по объектам котлонадзора составляли требования к процессу изготовления ТУ, главным образом к сварке и контролю качества сварочных работ. Надзор за заводами-изготовителями, монтажными и ремонтными составлял существенную часть контрольно-надзорной деятельности органов Госгортехнадзора, а затем Ростехнадзора. В нормативной базе Ростехнадзора применение сварочных технологий, является одним из определяющих признаков, позволяющим относить деятельность предприятия к видам деятельности, подконтрольным Ростехнадзору (ремонт, монтаж технических устройств, ранее – их изготовление).

С вступлением в силу Закона о техническом регулировании [1] Ростехнадзор перестал контролировать предприятия занятые изготовлением ТУ, а затем и специализированные предприятия занятые монтажом и ремонтом ТУ на ОПО. Все эти изменения происходили в рамках тренда на снижение административного давления на бизнес и снятия административных барьеров.

Требования вступивших в силу ФНП [6] и [7] распространяются только на монтаж и ремонт технических устройств с применением сварочных технологий. Причем эти требования в части сварочных работ носят отсылочной характер – они устанавливают требования только наличия на предприятии, выполнявшем монтаж или ремонт, аттестованной технологии



сварки и общего требования соблюдения требований нормативной документации при выполнении сварочных работ.

Если ранее инспектор в рамках контроля за предприятиями – изготовителями (ремонтными, монтажными), на основании требований соответствующих РД, проверял всю технологическую цепочку подобных работ, начиная от входного контроля металла и сварочных материалов и кончая порядком оформления акта монтажа (ремонта), то теперь он не может контролировать специализированную монтажную или ремонтную организацию дальше наличия свидетельства об аттестации технологии сварки. При этом, такой контроль происходит не при периодических проверках этих предприятий, а эпизодически в строго оговоренных ФНП [6] и [7] случаях при пуске в работу вновь смонтированных или отремонтированных технических устройств, в комиссии по приемке которых представитель Ростехнадзора участвует только в качестве члена комиссии.

Ранее действовавшие редакции РД [4], по аттестации сварочных технологий предусматривали, в частности, согласование с Ростехнадзором программы производственной аттестации технологии сварки, и подпись представителем Ростехнадзора заключения аттестационного центра о готовности организации-заявителя к использованию аттестованной производственной технологии сварки. На основании этого заключения НАКСом выдается специализированной организации свидетельство об производственной аттестации технологии сварки.

Важным сегментом совокупности этих процедур, наряду с аттестацией сварочных технологий, сварочного оборудования и сварочных материалов, является аттестация сварщиков и

специалистов сварочного производства. Аттестация технологии сварки предусматривает наличие на предприятии не только аттестованного сварочного оборудования, а также аттестованных сварщиков и специалистов сварочного производства. Аттестация сварщиков всегда проводилась с участием представителя Ростехнадзора, входившего в состав аттестационных комиссий. При этом ранее действовавшие Правила аттестации сварщиков не предусматривали каких либо требований к аттестации специалистов, разрабатывающих технологическую документацию и организующих сварочные работы.

Вступившие в силу в 2000 году Правила [5] конкретизировали данные требования, добавив к ранее существовавшим требования к сварщикам (специалистам 1 уровня), требованиями к специалистам, организующим сварочное производство и разрабатывающим для него технологическую документацию (специалистам 2- 4 уровня).

Наличие аттестованных специалистов сварочного производства является одним из условий проведения производственной аттестации технологии сварки, применяемой предприятием, осуществляющим деятельность по изготовлению, монтажу (до изготовлению), ремонту и реконструкции ТУ, применяемых на ОПО. Ранее согласно установленному пунктом 5.3. Правил [5] порядку, существовала процедура согласования с органами Ростехнадзора кандидатур предприятия-заявителя на аттестацию в качестве специалистов сварочного производства.

В ходе работы в системе Ростехнадзора (Госгортехнадзора), при согласовании кандидатур специалистов и работе аттестационных комиссий, часто приходилось сталкиваться со случаями попыток аттестации в качестве



специалистов сварочного производства, работников предприятий - заявителей, не имевших никакого отношения к сварочному производству. В качестве специалистов второго и третьего уровня приходили на аттестацию, работники занятые вопросами снабжения и даже финансово - коммерческой деятельностью на предприятии. Как правило, такие работники даже не знают твердо, какие функции она должны реализовывать в процессе сварочного производства. При этом формально указанные лица подходили под критерии аттестации, установленные Приложением 2 к Правилам [5], (образование стаж, работы в сварочном производстве и т.д.)

Следует отметить, что подобные случаи происходят не на крупных специализированных сварочных предприятиях, где обязанности работников распределены более конкретно, а на небольших, сравнительно недавно организованных предприятиях, занимающихся ремонтом и монтажом ТУ, применяемых на ОПО. Как правило, на таких предприятиях невысокая культура производства, в первую очередь ведения конструкторской и технологической документации. Имеющийся на предприятии состав специалистов (по старой терминологии - инженерно-технических работников) минимален по численности с максимально возможным совмещением обязанностей. Иногда вся конструкторская документация ограничивается чертежом, а то и просто эскизом. Все технологические вопросы (выбор режимов сварки, конструкции шва, марок электродов и т.д.) при этом решаются на уровне сварщика.

Предпосылки для подобной ситуации сложились после вступления в силу в 2012 году новой редакция Правил [5] которая исключает, как участие органов Ростехнадзора в согласовании кандидатов на аттестацию в качестве

специалистов сварочного производства, так и участие представителей Ростехнадзора в работе комиссий по аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. Проверив соблюдение установленных Приложением 2 к Правилам [5] (наличие технического образования и соответствующего стажа), аттестационные центры самостоятельно принимают решения об аттестации указанных лиц, не вникая в другие вопросы.

Для более конкретного и наглядного понимания функциональных обязанностей специалистов на всех стадиях сварочного производства в рамках действующей НТД, необходимо привести таблицу (табл. 1).

Вышеуказанное распределение ответственности работников организации должно быть определено в положении о контроле соблюдения технологических процессов специализированной организации, наличия которого требуют соответствующие ФНП в разных видах надзора для монтажных и ремонтных организаций и в документах системы качества.

Специалистом сварочного производства второго уровня может быть назначен только специалист, имеющий в своём непосредственном подчинении сварочный персонал, при помощи которого он организует процесс сварки, маркировки сварных соединений и контроля качества сварных соединений. Это аналогично положениям других нормативных документов Ростехнадзора, устанавливающих, например, что ответственным за производство работ кранами может быть только специалист, у которого в подчинении находятся стропальщики, а ответственным за исправное состояние крана – специалист, имеющий в своём подчинении ремонтный персонал (слесарей и электромонтеров). Из вышеуказанного

следует, что количество специалистов сварочного производства второго уровня (мастеров сварочного производства) на предприятии не может быть меньше

количества участков, где производится выполнение работ с применением сварочных технологий.

Табл. 1. Функциональные обязанности специалистов на всех стадиях сварочного производства.

Уровень специалиста	Должность, профессия	Функциональные обязанности в сварочном производстве	Разрабатываемая (утверждаемая) документация	Используемая в работе документация
1.	Сварщик	Выполнение сварочных работ согласно технологической карте.		Технологическая операционная (маршрутная) карта сварочного процесса
2.	Мастер сварочного участка	Организация сварочных работ, подбор сварщиков, обеспечение их технологическими картами, выбор оборудования, оснастки, контроль за выполнением работ.		Технологическая операционная (маршрутная) карта сварочного процесса
3.	Технолог сварочного производства	Разрабатывает технологические карты сварочного процесса, исходя из имеющегося оборудования, материалов, квалификации сварщиков	Технологическая карта (разрабатывает)	Чертежи изделия, технические условия предприятия на изделие, ГОСТы ЕСКД и ЕСТД, база разработанных техпроцессов предприятия.
4.	Инженер-сварщик	Организует сварочное производство на предприятии, отвечает за обеспечение соблюдения требований НТД на всех стадиях сварочного производства (наличие рабочего документации, специалистов, оборудования и т.д.)	Технические условия предприятия на изготовлении (монтаж, ремонт) ТУ с применением сварки, технологические карты (утверждает)	Нормативная документации на сварку (ГОСТы ЕСКД и ЕСТД, Технические условия головных организаций)



При направлении на обучение специалиста третьего уровня (технолога сварочного производства) надо иметь в виду, что кандидат должен по роду своей деятельности быть связан с разработкой технологической документации на конкретное изделие или подобной документации на монтаж (ремонт) конкретного ТУ. Если в штате предприятия отсутствует технологическая служба, то указанные работники хотя бы должны иметь возможность выполнять данную работу наряду с другими обязанностями. Подпись данного аттестованного специалиста должна обязательно присутствовать на технологических (маршрутных картах) в качестве разработчика документа. Следует отметить, что далеко не все специалисты организации могут отвечать указанным требованиям. Работники, снабженческих, финансовых, маркетинговых и т.д., подразделений явно не подходят для выполнения данных обязанностей независимо от наличия у них соответствующего образования или стажа работы, требуемых Приложением 2 к Правилам [5], на прежних местах трудоустройства.

Технолог сварочного производства несет ответственность за качество отремонтированного (смонтированного) узла наряду с конструктором, разработавшим ремонтную документацию. Если конструктор несет ответственность за правильность конструкторского решения ремонта, то технолог, разработавший технологическую документацию за соответствие выбранных технологических решений ремонта (вида сварки, сварного соединения, за выбор электродов, режима сварки, объема контроля шва и т.д.), обеспечивающих качество сварных швов согласно требованиям, заложенным в конструкторской документации.

Если предприятие длительное время занимается производством (ремонт, монтаж) с применением сварочных технологий при наличии стабильной номенклатуры ТУ (изготавливаемых, монтируемых, ремонтируемых) на нем, как правило, имеется сформировавшаяся база технологических процессов. В этих условиях вместо технологических операционных карт, установленных ГОСТ 3.1407, применяются маршрутные карты согласно ГОСТ 3.1118. При этом описание технологических операций (заготовительные, подготовительные, сборочные, сварочные, контрольные и т.д.) в маршрутных картах, в отличие от операционных, носит ссыльный характер на ранее разработанные техпроцессы. Вопросы разработки рабочей технологической документации и формы документов подробно освещены в [8] и [9], применительно к сварочному производству - в [10].

Роль специалиста четвертого уровня заключается в организации сварочного производства в масштабах всего предприятия. Указанное лицо разрабатывает и утверждает технические условия предприятия на процессы изготовления (монтажа, ремонта) ТУ. В соответствии с требованиями разделов этих технических условий, (касающихся выбора металла, сварочных материалов, способов сварки, маркировки швов, объема и методов контроля сварных соединений) специалист третьего уровня (технолог сварочного производства) разрабатывает операционную или маршрутную технологическую карту на выполнение сварочных работ на конкретном узле изготавливаемого (монтируемого, ремонтируемого изделия).

Получив на руки указанную технологическую карту (разработанную специалистом третьего уровня и утвержденную специалистом четвертого



уровня), специалист второго уровня (мастер сварочного производства) исходя из требований к организации сварочного процесса, изложенным в карте, подбирает сварщика соответствующей квалификации и сварочное оборудование, материалы, оснастку на своем участке и организует работу.

Наличие специалистов четвертого уровня обязательно для крупных специализированных предприятий, осуществляющих деятельность по изготовлению, ремонту и монтажу ТУ, эксплуатируемых на ОПО, для которых этот вид деятельности является основным. В организациях, выполняющих небольшие объемы указанных работ или для которых данная деятельность не является основной, например, эпизодически выполняющих изготовление грузоподъемных механизмов (кран-балок) для собственных нужд, наличие специалиста четвертого уровня необязательно. При этом технические условия предприятия на выполнение сварочных работ могут быть разработаны силами сторонней организации по договору. В организации, которая будет выполнять разработку этих технических условий обязательно наличие специалиста четвертого уровня имеющего право подписывать подобные документы.

При этом надо иметь ввиду, что уровни специалистов сварочного производства связывает между собой технологическая цепочка производственных процессов и подготовки технологической документации, а не иерархия должностей. Например, специалист второго уровня (мастер сварочного производства) вовсе необязательно должен быть в подчинении специалиста третьего уровня (технолога сварочного производства). Тот может находиться не в сварочном подразделении предприятия, а в отделе, занимающимся подготовкой

производства, разработкой технической документации. Проводить аттестацию непосредственного начальника мастера сварочного участка (специалиста второго уровня) в качестве специалиста сварочного производства третьего уровня не требуется. При этом, разумеется, как указывалось выше, мастер сварочного производства (специалист второго уровня) должен обязательно иметь в подчинении сварщиков (специалистов первого уровня).

Технические условия предприятия на выполнение сварочных работ разрабатываются на основании требований ГОСТов Единой системы конструкторской документации [11]. Их содержание не ограничивается только требованиями к выполнению сварочных работ. Технические условия, разработанные конкретно для каждого предприятия, с учетом изготавливаемых (монтируемых, ремонтируемых) ими ТУ, применяемых аттестованных технологий сварки, сварочного и контрольного оборудования, марок металла и сварочных материалов, являются основным документом, который используют конструкторы при разработке конструкторской документации и технологи (специалисты третьего уровня) при подготовке процессов сварочного производства – технологической документации. Технологические условия разрабатываются на основе типовых условий, разработанных ранее головными организациями (в настоящее время официально статус головных специализированных организаций упразднен, осталось только понятие специализированной организации).

Вступившие в силу в 2014 году Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности (далее – ФНП) Ростехнадзора [12] в общих категориях определяют требования к организации и производству сварочных



работ на подконтрольных Ростехнадзору предприятиях при осуществлении ими видов деятельности в области промышленной безопасности (монтаже, ремонте, реконструкции) с применением сварочных технологий. Этот весьма небольшой по объёму, всего 22 статьи, нормативный документ устанавливает общие требования как в части организационных вопросов (аттестация сварочного персонала и специалистов, допуск к работе, наличие технологической документации и т.п.), так и в части технических вопросов осуществления сварочных работ (требования выполнения допусковых сварных соединений, порядок маркировки сварных швов). По мнению авторов, документ подобной направленности мог бы более основательно и подробно конкретизировать организационно-технические вопросы сварочного производства при осуществлении видов деятельности в области промышленной безопасности. Указанный ФНП более кратко повторяет требования, установленный в ряде других ФНП по видам надзора (по подъёмным сооружениям, по оборудованию под давлением) в разделах касающихся монтажа, ремонта и реконструкции технических устройств. При этом следует

отметить, что в подобных ФНП по другим видам надзора (металлургия, газ, химически опасные объекты и пр.) подобные вопросы (организации сварочного производства) вообще практически не затрагиваются и, следовательно, ФНП [12] существенно восполняют данный пробел.

Проводящие производственную аттестацию технологии сварки и специалистов аттестационные центры не вникают в функциональные обязанности аттестуемых ими специалистов сварочного производства. На указанные аттестационные центры в период действия свидетельства НАКС о производственной аттестации технологии сварки даже формально не возложены, какие либо обязанности по проведению инспекционного контроля специализированных организаций, которые провели эту аттестацию. С уверенностью можно констатировать, что какой либо надзор, ранее выполняемый органами Ростехнадзора (Госгортехнадзора), за соблюдением специализированными организациями требований нормативной документации по сварке при изготовлении (монтаже, ремонте) ТУ, применяемых на ОПО, в настоящее время практически отсутствует.

Литература

1. О техническом регулировании: федеральный Закон от 27.12.2002г №184-ФЗ (в ред. От 13.07.2015г.)//опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 21.04.2015).
2. Об уполномоченных органах РФ по обеспечению государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов таможенному союзу: Постановление Правительства №407 от 13.05.2013г. (в ред. 02.04.2014г.)// опубликовано на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 04.04.2014.
3. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон №116-ФЗ от 21.07.1997 года (в ред. от 13.07.2015г.)// опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 13.07.2015).



4. Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов: руководящий документ РД 03-615-03: утвержден постановлением Госгортехнадзора от 30.10.2003г №103 (в ред. 17.10.2012г)// опубликован в "Российской газете" - 07.12.2012).
5. Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства: правила безопасности ПБ 03-273-99: утверждены постановлением Госгортехнадзора от 30.10.1998г № 63 (в ред. 17.10.2012г)//опубликованы в "Российской газете" - 07.12.2012).
6. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утверждены приказом Ростехнадзора от 12.11.2013г №533// бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти"-N 8-24.02.2014.
7. Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утверждены приказом Ростехнадзора от 25.03.2014г №116// бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти", N 38, 22.09.2014.
8. Сварка и резка материалов. Изд. 3, под. ред. Ю.В.Казакова// - М, Академия -2003г, С.366-376.
9. Справочник технолога машиностроителя ; в 2т.; под. ред. А.М. Дальского// - М, Машиностроение, 2003г- Т. 1.- С.387-393.
10. Сварка, резка, контроль. Справочник в 2т.//под. ред. Н.П.Алешина - М, Машиностроение, 2004г- Т. 2.- С442-452.
11. ГОСТ 2.114 «ЕСКД. Технические условия»// опубликован в ИУС "Национальные стандарты", N 10, 2006.
12. Требования к производству сварочных работ на опасных производственных объектах: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утверждены приказом Ростехнадзора от 14 марта 2014 г. N 102// опубликованы в Бюллетене нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 07.07.2014 № 27.



МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ ТОКСИ+RISK

УДК 621.64

Бельшев В.Н.	Технический директор ООО «Протос Экспертиза»
Тукачёв А.В.	Главный инженер ООО «Протос Экспертиза»
Титов А.А.	Начальник отдела экспертиз технических устройств ООО «Протос Экспертиза»
Ефремова А.В.	Начальник отдела разработки и экспертизы документации ООО «Протос Экспертиза»
Богатова Н.М.	Эксперт, специалист по визуальному и измерительному контролю ООО «Протос Экспертиза»

12.11.2015

Согласно [1], магистральные газопроводы – комплекс производственных объектов, обеспечивающих транспорт природного или попутного нефтяного газа, в состав которого входят:

- однопоточный газопровод;
- компрессорные станции;
- установки дополнительной подготовки газа (например, перед морским переходом);
- участки с лупингами;
- переходы через водные преграды;
- запорная арматура;
- камеры приема и запуска очистных устройств;
- газораспределительные станции;
- фазоизмерительные станции;
- станции охлаждения газа.

Эксплуатация магистральных газопроводов связана с высоким риском возникновения аварийных ситуаций, которые могут привести к разрушению оборудования, загрязнению окружающей среды и травмированию людей.

В магистральном газопроводе обращается природный газ высокого давления, представляющий собой в высшей степени легковоспламеняющееся

вещество, которое при контакте с воздухом легко формирует горючие смеси.

Аварии на линейной части магистральных газопроводов возможны в связи с:

- дефектами используемых материалов;
- коррозией металла;
- механическими повреждениями;
- стихийными бедствиями;
- строительными нарушениями проектных решений;
- нарушениями режима эксплуатации и т.д.

Последствиями аварий на магистральных газопроводах являются:

- разрушение газопровода или его элементов, сопровождающееся разлетом осколков металла и грунта;
- возгорание газа при разрушении газопровода, открытый огонь и термическое воздействие пожара;
- взрыв газовой смеси;
- обрушение и повреждение сооружений и установок;
- пониженная концентрация кислорода, задымленность.



Из перечня возможных аварий наибольшую опасность представляют аварии, связанные с разрывом газопроводов на полное сечение. Возникновение таких аварийных разрывов магистральных газопроводов связано с физическими эффектами двух видов:

- внутренними - нестационарными процессами в самом газопроводе, определяющими характер его разрушения и динамику выброса природного газа в атмосферу;
- внешними - определяющими воздействие первичных и вторичных поражающих факторов на человека и окружающую среду.
- Внешние эффекты обусловлены:
- образованием первичной ударной волны сжатия за счет расширения в атмосфере природного газа, выброшенного из объема «мгновенно» разрушившейся части газопровода, а также вторичных волн сжатия, образующихся при воспламенении газового шлейфа и расширении продуктов горения;
- образованием и разлетом осколков (фрагментов) разрушенного участка газопровода;
- воспламенением газа и термическим воздействием пожара на человека и окружающую среду;
- токсическим воздействием составляющих природного газа и продуктов горения на живые организмы.

Очагом разрушения газопроводов являются поверхностные повреждения и дефекты, предотвратить которые в полном объеме не представляется возможным. Происхождение и характер проявления их могут быть самыми различными. По причинам возникновения дефекты можно разделить на:

- коррозионные;

- строительные (вмятины, гофры, оваллизация и др.);
- дефекты сварных швов;
- стресскоррозионные и металлургические.

Как правило, дефекты имеют тенденцию к накопительному росту, а период их эволюции может быть достаточно продолжительным. С определенной вероятностью дефект может привести к разрушению газопровода. В подавляющем большинстве случаев разрушение происходит в результате образования трещины, распространяющейся по материалу с высокой скоростью.

В зависимости от диаметра газопровода, условий его прокладки, характеристик грунта и ряда других параметров, горение газа при авариях может протекать в двух основных вариантах:

- горение газового шлейфа, образующегося при истечении газа из двух концов поврежденного газопровода с ориентацией потока, близкой к вертикальной («пламя колонного типа»);
- независимое горение настильных (слабонаклонных к горизонту) струй, истекающих из разных концов газопровода и ориентированных преимущественно вдоль трассы газопровода («струевое пламя»).

Для подземных газопроводов с относительно малым диаметром в основном характерен первый тип пожара, но при значительных длинах разрушения тела трубы или при вырывании концов газопровода из земли возможен и второй тип. При этом с увеличением диаметра газопровода доля аварий с образованием струевого пламени увеличивается.

Для моделирования последствий аварий на магистральном газопроводе был использован программный комплекс ТОКСИ+Risk, разработанный ЗАО «НТЦ ПБ». Программный комплекс

ТОКСИ+Risk позволяет оценивать и визуализировать на плане зоны воздействия основных поражающих факторов аварий с участием опасных веществ, а также предназначен для проведения количественной оценки показателей промышленного риска и пожарного риска [2]. Программный комплекс ТОКСИ+Risk версии 4.3 содержит модуль «Струевое горение газа», который предназначен для моделирования последствий аварий при разгерметизации однониточного газопровода. Модуль позволяет рассчитать интенсивность истечения газа, геометрические размеры пламени колонного и струевого типов, а также значения теплового потока с поверхности пламени.

Для начала работы с модулем, необходимо сделать выбор типа пламени, для которого будет производиться расчет (пламя колонного типа или струевое пламя). После этого, необходимо выбрать вещество – природный газ, после чего произойдет заполнение всех необходимых для расчета величин. Далее задается диаметр газопровода и интенсивность выброса газа при аварийной ситуации. Для пламени колонного типа значение интенсивности будет одно, если же выбрано струевое пламя, то значений интенсивности выброса газа будет два, для разных участков разорванного газопровода. После ввода всех данных, программа производит расчет зон поражения тепловым излучением. Расчет производится для 6 зон поражения тепловым излучением в зависимости от интенсивности теплового излучения рекомендуемых в [3].

Расчет производился для газопровода со следующими параметрами:

- однониточный газопровод диаметром 1000 мм, транспортирующий природный газ;

- температура транспортировки – 283 К; рабочее давление 7,5 МПа;
- тип газопровода – стальные новые;
- время отключения компрессорной станции 300 с;
- время перекрытия задвижек – 350 с;
- расстояние от места разрыва до задвижки против движения газа – 5000 м;
- расстояние от места разрыва до задвижки по ходу движения газа – 3000 м;
- расстояние от места разрыва до компрессорной станции против движения газа – 50000 м;
- расстояние от места разрыва до компрессорной станции по ходу движения газа – 30000 м.

В ходе моделирования последствий аварий в качестве аварийной ситуации использовался гильотинный разрыв газопровода. Расчет произведен для различных видов пламени – колонного и струевого типа. Результат расчета зон поражения для пламени колонного типа приведен на рисунке 1. Результат расчета зон поражения для пламени струевого типа приведен на рисунке 2.

Согласно получившимся расчетам, зона поражения при пожаре колонного типа имеет больший размер, чем при струевом типе, так как при пожаре колонного типа массовый расход газа суммируется для обоих концов разрушенного газопровода. При пламени колонного типа максимальное расстояние до точки безопасной для человека составляет 861,11 м. При пламени струевого типа максимальное расстояние до точки безопасной для человека составляет 714,07 м.

Программный комплекс ТОКСИ+Risk по получившимся расчетам позволяет построить на выбранной пользователем подложке зоны поражения тепловым излучением. На основе полученных расчетов, построены две

схемы зон поражения тепловым излучением – для пламени колонного типа и для пламени струевого типа. На рисунке 3 представлена схема поражения

тепловым излучением для пламени колонного типа. На рисунке 4 представлена схема поражения тепловым излучением для пламени струевого типа.

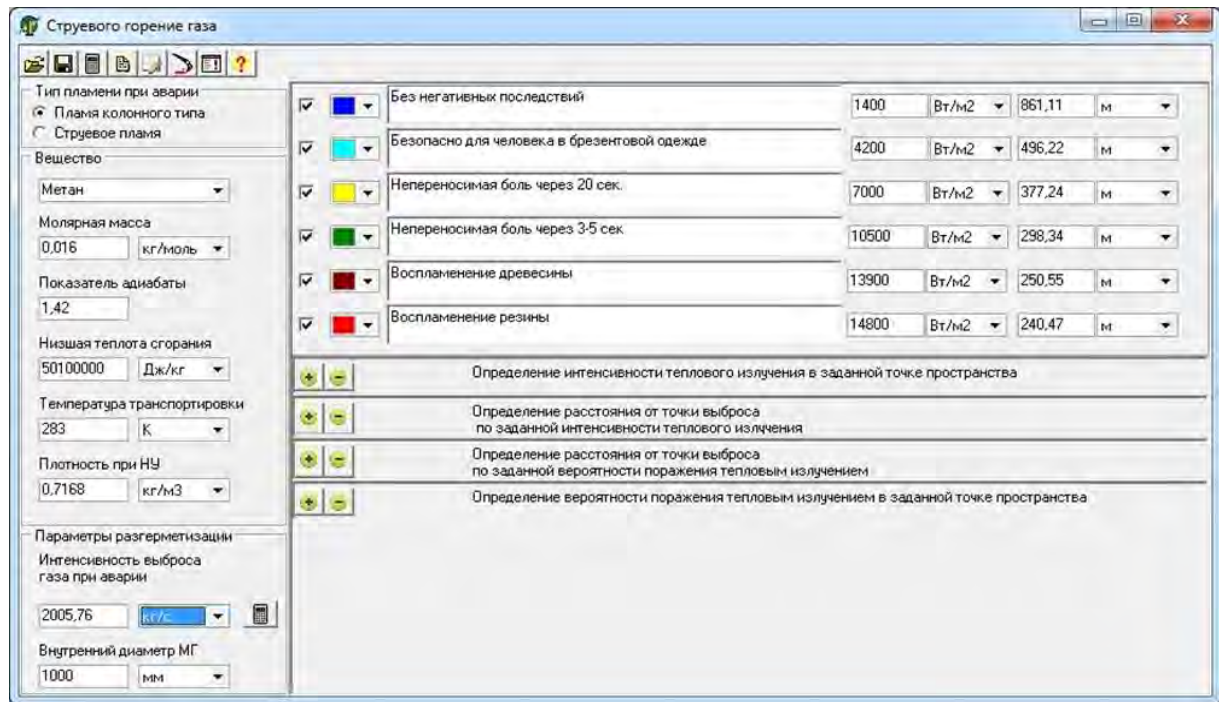


Рис. 1. Результат расчета зон поражения для пламени колонного типа.

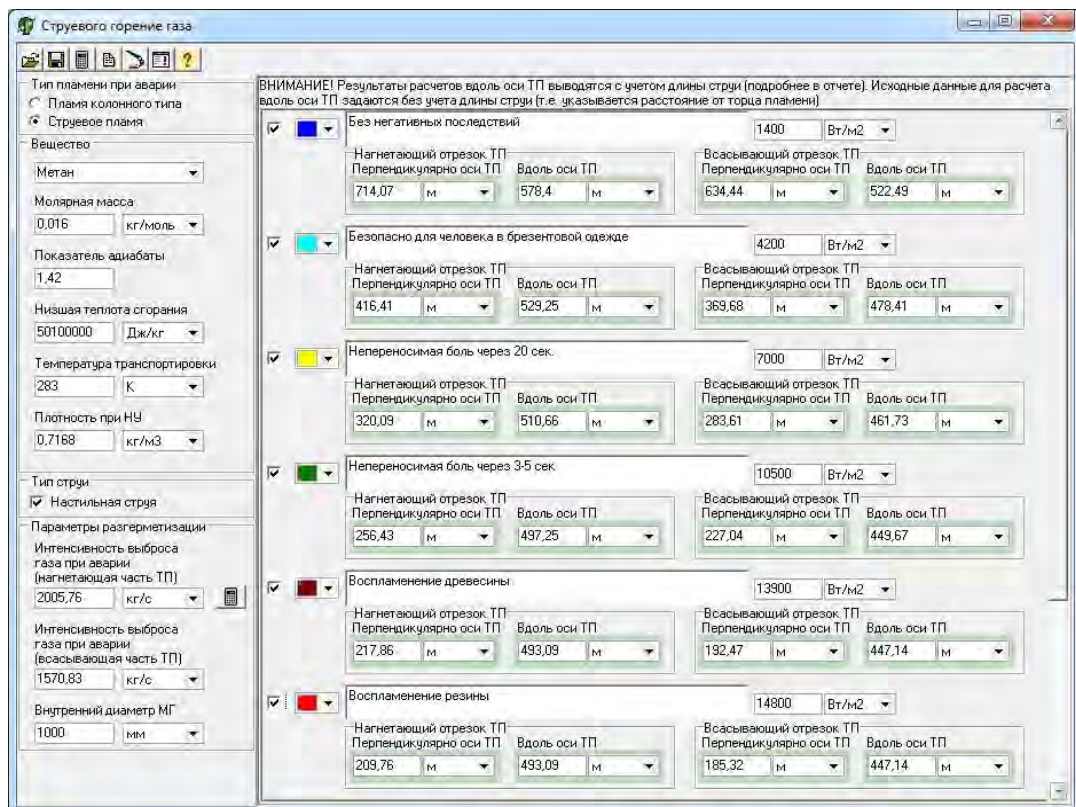


Рис. 2. Результат расчета зон поражения для пламени струевого типа.

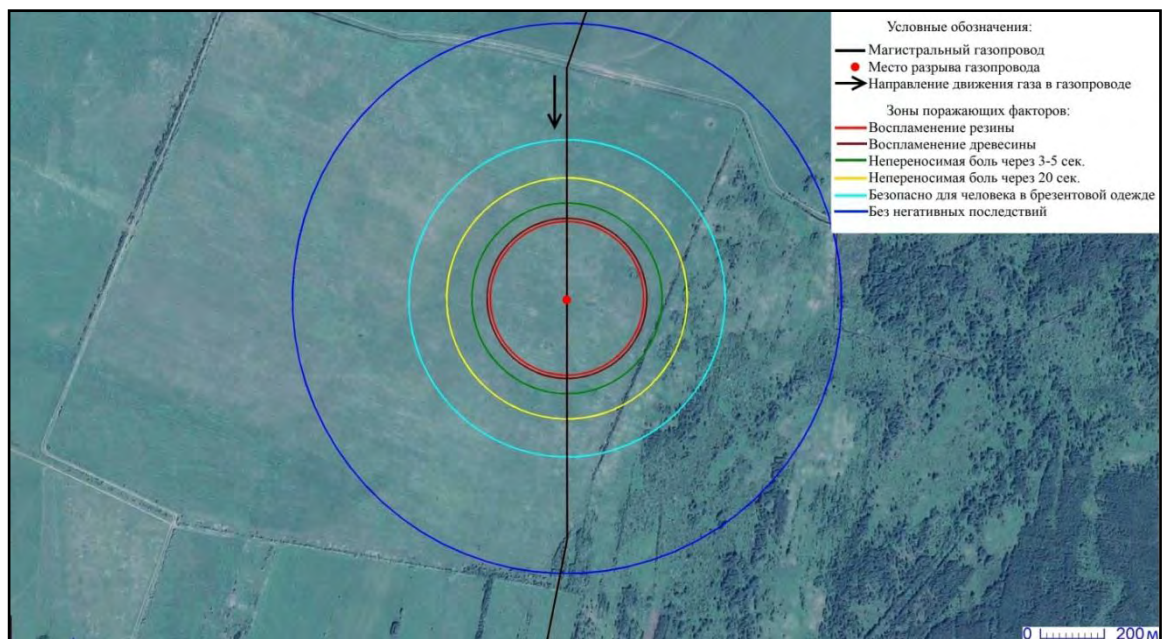


Рис. 3. Схема поражения тепловым излучением для пламени колонного типа.

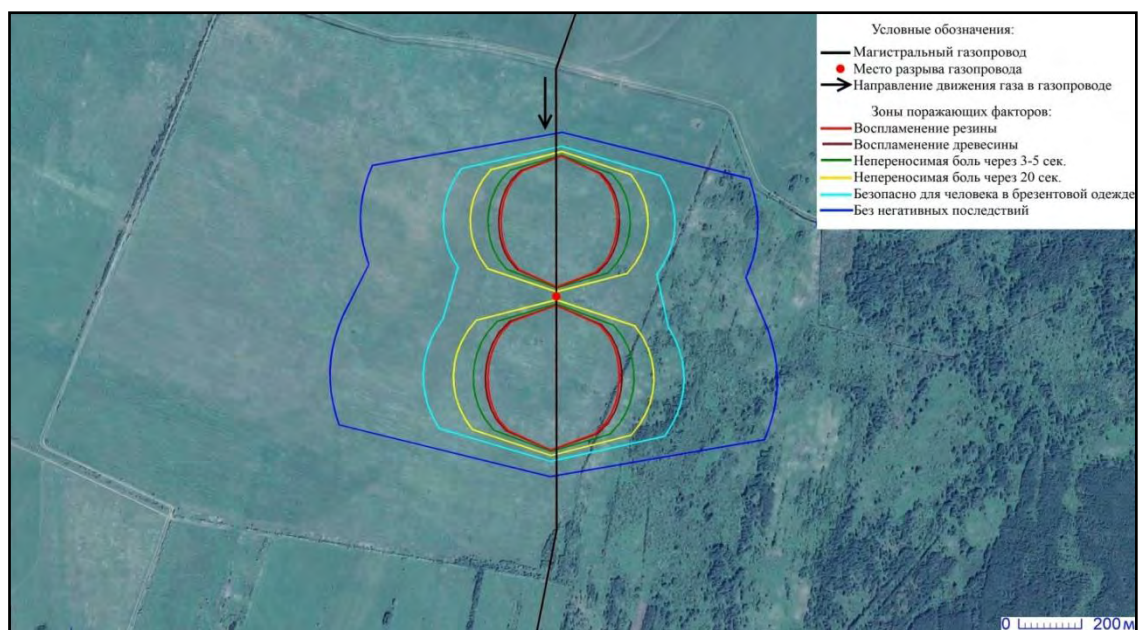


Рис. 4. Схема поражения тепловым излучением для пламени струевого типа.

Использование модуля «Струевое горение пламени» программного комплекса ТОКСИ+Risk позволяет смоделировать последствия аварий на магистральных газопроводах и построить схему поражения тепловым излучением для различных типов пламени. Модуль

является эффективным средством анализа опасностей магистральных газопроводов и позволяет оценить риски связанные с выполняемыми работами и строительством в зоне расположения магистральных газопроводов.

Литература

1. СТО Газпром РД 2.5-141-2005 «Газораспределение. Термины и определения».



2. Методическое пособие по расчету последствий возможных аварий и оценке риска на опасных производственных объектах с использованием программного комплекса Токси+Risk / Колл. авт. – 2-е изд., испр. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 326 с.
3. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».



ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ К ОРГАНИЗАЦИЯМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПО РЕМОНТУ И МОНТАЖУ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

УДК 351.824.1

Ряднов И.И.	Ведущий эксперт Общества с ограниченной ответственностью «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Сизов В.Н.	Ведущий эксперт Общества с ограниченной ответственностью «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»),
Орлов А.В.	Начальник ЛНК Общества с ограниченной ответственностью «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Нарожный А.Д.	Инженер 1 категории экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Куценко М.М.	Эксперт Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза».

12.11.2015

Аннотация. В статье рассматриваются требования, предъявляемые нормативной документацией Ростехнадзора и системой добровольной аккредитации (СДА) к организациям, осуществляющим деятельность по монтажу и ремонту технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах, в части организационно-технических возможностей осуществления подобной деятельности.

Ключевые слова: монтаж и ремонт технических устройств, система добровольной аккредитации, технические устройства, применяемые на ОПО.

Существенная часть ранее действовавшей и действующей в настоящее время нормативной документации Ростехнадзора относится к вопросам осуществления деятельности по монтажу и ремонту технических устройств (далее – ТУ), применяемых на опасных производственных объектах (далее – ОПО). В нормативной базе Госгортехнадзора, почти во всех видах надзора, существовали руководящие документы (РД) по надзору за изготовлением, ремонтом и монтажом соответствующих технических устройств на ОПО (РД 10-08-82 (с изм. 1998г) – в надзоре за подъёмными сооружениями, РД 10-235-98 – в котлонадзоре). При появлении лицензирования в системе

Госгортехнадзора в начале 90-х годов некоторое время деятельность по монтажу и ремонту технических устройств подлежала лицензированию. Но и после отмены лицензирования организации, осуществляющие деятельность по монтажу и ремонту технических устройств находились под контролем органов Госгортехнадзора (Ростехнадзора), т.к. эти виды деятельности являются, в соответствии со ст.6 Федерального Закона о промышленной безопасности [1], видами деятельности в области промышленной безопасности. В отношении их органами Ростехнадзора (Госгортехнадзора) осуществлялись плановые контрольные мероприятия. Надзор за этими

организациями, а также за заводами-изготовителями ТУ, составлял существенную и наиболее сложную часть контрольно-надзорной деятельности органов Госгортехнадзора, а затем Ростехнадзора.

Нормативно-методическая документация, которой руководствовались инспектора при осуществлении данного направления надзорной деятельности, разрабатывалась с участием головных организаций. В свою очередь нормативно-техническая документация, разрабатываемая этими организациями, касающаяся вопросов изготовления, монтажа и ремонта ТУ, в том числе, типовые технические условия на ремонт оборудования, применяемых на ОПО, согласовывалась с Госгортехнадзором.

Ситуация изменилась с принятием в 2002 году Закона о техническом регулировании [2]. Положения о вступлении в силу указанного закона предусматривали в течении семи лет, начиная с 2003 года, пересмотр всей нормативной базы Ростехнадзора. Согласно идеологии этого закона, принятого в 2002 году, государственный надзор за процессами при изготовлении (монтаже, ремонте, реконструкции) продукции заменяется надзором за конечной продукцией, причем только в сфере контроля её безопасности для потребителя и соблюдения мер по предотвращению возможности введения потребителя в заблуждение относительно её свойств. Все эти изменения происходили в рамках тренда на снижение административного давления на бизнес и снятия административных барьеров. При реализации этих изменений с 2010 года Ростехнадзор постепенно перестал осуществлять контрольно-надзорные функции в отношении ряда видов деятельности, в частности деятельности по монтажу и ремонту ТУ, используемых на ОПО, несмотря на то, что указанные виды

деятельности до настоящего времени, согласно ст. 6 действующей редакции Федерального Закона [1], остаются видами деятельности в области промышленной безопасности.

Согласно требованиям прежней нормативной документации, инспектор в рамках контроля за ремонтными и монтажными организациями, на основании требований соответствующих РД, проверял всю технологическую цепочку подобных работ, начиная от входного контроля металла и сварочных материалов и кончая порядком оформления акта монтажа (ремонта). Теперь он дальше наличия свидетельства об аттестации технологии сварки, прилагаемого к пакету ремонтных документов или акту монтажа, практически не может контролировать специализированную монтажную или ремонтную организацию. И происходит это не при периодических проверках этих предприятий, а эпизодически, в строго оговоренных, например в ФНП [3] и [4], случаях при пуске в работу вновь смонтированных или отремонтированных технических устройств, в комиссии по приемке которых представитель Ростехнадзора участвует только в качестве её члена.

При этом большая часть нормативных документов Ростехнадзора, устанавливающих требования к указанным видам деятельности продолжает оставаться в действующей нормативной базе Ростехнадзора (например, в надзоре за подъёмными сооружениями - инструкция РД 10-02-82 (с изм. 1998г) [5]. Во вновь вступивших в силу ФНП [3] (котлонадзор) весьма подробно описано выполнение монтажных и ремонтных работ с применением сварочных технологий, очевидно в силу преемственности в данном виде надзора, где и в ранее в действовавших правилах Госгортехнадзора значительная часть

содержания регламентировала вопросы применения сварочных технологий при изготовлении монтаже и ремонте ТУ. Остаются в нормативной базе Ростехнадзора и практически все ранее утвержденные руководящие документы, устанавливающие применение сварочных технологий при изготовлении, монтаже и ремонте ТУ, применяемых на ОПО, при том, что сами предприятия, занятые подобной деятельностью, уже не являются для Ростехнадзора подконтрольными предприятиями.

Можно указать и на появление некоторых новых требований нормативной базы Ростехнадзора к указанным специализированным организациям, так пункт 100 ФНП [3] (котлонадзор) и пункт 14 ФНП [4] (подъёмные сооружения), устанавливают требования по наличию Положения о контроле соблюдения технологических процессов специализированной организацией, в котором должно быть определено распределение ответственности работников организации. Впрочем, пока требования к содержанию указанного документа не конкретизированы.

Следует отметить, что в 2007 году в рамках образованной Единой системы оценки соответствия на объектах, подконтрольных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (далее - ЕС ОС Ростехнадзора), предполагалось силами инспекционных организаций, прошедших аккредитацию в указанной системе, проводить «проверку и оценку продукции, услуг, процессов и оборудования для объектов, подконтрольных Ростехнадзору, а также организационно-технической готовности проектных, строительных, монтажных, наладочных и ремонтных организаций» (РД-03-21-2007 Положение о ЕСОС) Т.е., среди прочих, и контроль организаций, занятых ремонтом и монтажом ТУ,

применяемых на ОПО. Данный механизм инспекционного контроля должен был представлять альтернативу прямому государственному надзору за указанными видами деятельности.

Однако менее чем через два года указанный руководящий документ утратил силу в связи с изданием Приказа Ростехнадзора от 10.03.2009 N 142 и ЕС ОС Ростехнадзора прекратила существование, так и не успев выйти из организационной стадии. Очевидно, что идеи, заложенные при создании ЕС ОС Ростехнадзора, не совсем отвечали принципам вступавшего в силу в этот период Закона о техническом регулировании [2].

Контроль за организациями, занятыми деятельностью по ремонту и монтажу ТУ, применяемых на ОПО, в настоящее время осуществляют инспекционные организации, аккредитованные в Системе добровольной аккредитации (СДА) и, как следует из самого названия системы, только на добровольной основе.

В системе СДА роль органа по оценке соответствия, проводящего технический аудит организации, отводится независимым инспекционным организациям, аккредитованным в этой системе.

Руководящим документом системы СДА по выполнению данного вида оценки соответствия являются Требования к организациям, осуществляющим деятельность в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве [5]. Документ устанавливает общие требования к управлению и технической компетентности организаций, осуществляющих деятельность в сфере компетенции Ростехнадзора. Указанным документом предусмотрено, на добровольной основе, проведение в период действия свидетельства о



соответствии (три года) инспекционного контроля (проверок) организаций, прошедших оценку соответствия.

Хотя указанная система и является добровольной, однако как показывает опыт, крупные заказчики (Газпром, Транснефть и т.п.) при проведении тендеров учитывают наличие у подрядных организаций свидетельств СДА о соответствии.

Алгоритм инспекционного контроля любой проверяемой специализированной организации, занятой деятельностью по монтажу и ремонту ТУ на ОПО, включает в себя в первую очередь проверку аттестации руководителей, специалистов и персонала. Проверка знаний руководителей и членов аттестационных комиссий предприятия или его обособленных подразделений должна проводиться в аттестационных комиссиях территориальных органов Ростехнадзора, а для отдельной категории предприятий – в центральной аттестационной комиссии Ростехнадзора. Для проверки знаний специалистов и персонала на предприятии должны быть образованы аттестационная и квалификационная комиссии. Аттестационная комиссия предназначена для проверки знаний специалистов (по старой терминологии – инженерно - технических работников), квалификационная комиссия – для проверки знаний персонала (рабочих). Специалисты проверяются на знание нормативной документации Ростехнадзора и должностных инструкций, персонал проверяется на знание производственных инструкций, которыми должен руководствоваться в своей работе. Знания проверяются по билетам, разработанным на основе типовых или с использованием соответствующих компьютерных программ. Для персонала (рабочих) нормативная документация Ростехнадзора (ФНП, РД и пр.) не может

напрямую являться обязательным для исполнения документом. Требования этих документов должны быть опосредованно включены в состав их производственных и технологических инструкций, т.е. в любой производственной инструкции не может присутствовать фраза, что такой-то (слесарь-ремонтник, электромонтер, сварщик и т.д.) должен в своей работе руководствоваться требованиями, предположим, ФНП Ростехнадзора или СНИПов.

В каждой организации, осуществляющей деятельность по ремонту и монтажу ТУ применяемых на ОПО, должна существовать система качества согласно требованиям [6]. Система качества должна включать все процессы, выполняемые предприятием. Основой руководящий документ системы качества – руководство по качеству (далее РК), определяющее деятельность по обеспечению качества и формы её документирования. Как показывает опыт, в части организаций данный документ составлен формально, фактически является перепечаткой отдельных положений комплекса стандартов ИСО 9000. Весьма подробно в таких документах описываются малозначимые и не реализуемые на практике процедуры как, например, обеспечение конфиденциальности, внутренний аудит и т.п. Обычно незначительное по объёму, само РК в таких случаях является чисто формальным документом, что называется, для внешнего пользования. При этом, обычно в нем не проводится детализация содержания, т.к. аудитор системы качества, который проверяет наличие РК, обращает основное внимание на то, чтобы оно соответствовало ГОСТам ИСО 9000.

Основой для составления РК должны быть сложившиеся на предприятии организационные и технологические связи в процессе

осуществления деятельности по монтажу и ремонту ТУ, если конечно организация не вновь организуется. ГОСТы ИСО, представляющие по сути подстрочный и трудночитаемый перевод с английского, необходимы лишь для соответствующего требованиям оформления и структурного построения данного документа. Наполнение содержания руководства по качеству прямыми выборками из текстов этих ГОСТов не добавляет ясности и конкретики, а лишь затрудняет их восприятие.

Определяющим признаком действующей, а не формальной системы качества специализированной организации, является наличие установленных этой системой форм первичной и отчетной документации процессов производства. Эти формы охватывают все стадии технологического процесса монтажа и ремонта ТУ, начиная от входного контроля металла и материалов, и кончая оформлением акта ремонта или монтажа. Общие принципы документирования системы обеспечения качества изложены в стандарте ИСО [7]. Формы документирования стадий технологического процесса должны быть установлены РК (обычно в виде приложений к руководству). Основным признаком формально составленного РК специализированной организации и является отсутствие в нем данных конкретных форм документирования.

Рассмотреть полный набор составляющих системы качества специализированной ремонтной (монтажной) организации в рамках одной статьи затруднительно. Можно рассмотреть только основные этапы обеспечения качества технологической цепочки выполнения и документирования монтажных и ремонтных работ: входной контроль металла, материалов и комплектующих; их учет, хранение и выдачу в работу; операционный контроль монтажных

(ремонтных) работ; приемочный контроль отремонтированного изделия и оформления документации по монтажу (ремонту). Крайне важными элементами системы качества являются элементы, устанавливающие порядок разработки и обращения конструкторской документации на ремонт (согласно ГОСТам ЕСКД) и технологической документации (согласно ГОСТам ЕСТД) на предприятии, её контроля и утверждения, а также порядок допуска её в работу. При всей важности остальных процедур (элементов качества), указанные составляющие системы качества являются главными и определяющими, и от них в основном зависит качество выполненных работ по ремонту или монтажу ТУ. Конкретное описание этих процедур и формы их документирования обязательно должны присутствовать в соответствующих разделах РК организации.

Требования к организации входного контроля установлены в общих чертах комплексом ГОСТов Р ИСО 9000, например, в пункте 8.2.4. раздела 8.2. «Мониторинг и измерение» стандарта ИСО [6]. Порядок проведения входного контроля установлен ГОСТ [8] (в стандарте применен более ясный и понятный термин - верификация). Целью входного контроля (верификации), а также последующего учета, хранения и выдачи в работу приобретаемых организацией металла, материалов и комплектующих является исключение попадания в технологический процесс ремонта или монтажа ТУ не предусмотренных проектом или бракованных изделий. Пунктом 5.3. указанного стандарта [8] предусмотрено, в частности, обязательное наличие утвержденного главным инженером Перечня продукции, подлежащей входному контролю (верификации), и назначения ответственного за входной контроль



специалиста. В этом же перечне указываются виды контроля и объем выборки согласно техническим условиям на монтаж или ремонт, нормативные документы (ГОСТы, ОСТы, РД и пр.), которым они должны соответствовать. Объем выборки зависит от вида продукции, проходящей входной контроль, стабильности качества поставщика и т.д. Чтобы предотвратить попадание в работу забракованных металла, материалов и комплектующих, согласно п.8.3. ГОСТа [8] должен быть предусмотрен порядок их особой маркировки и их отдельное складирование. В любом случае в минимальном объёме входной контроль должен включать проверку соответствия материалов и комплектующих сопроводительным документам, регистрацию заводских дефектов и повреждений, полученных при транспортировке, а также наличие заводских табличек, маркировки и пломб. Результаты входного контроля должны фиксироваться в Журнале входного контроля. Развернутая форма этого журнала приведена в приложении А к ГОСТ [8].

Указанные формы документирования процедур качества (перечень продукции, подлежащей входному контролю и журнал входного контроля) должны быть установлены действующим РК организации и адаптированы к техническим и организационным условиям конкретной организации. Устанавливать отсылочную норму к ГОСТу [8] нецелесообразно, так как, например форма журнала входного контроля, приводимая в нём, перегружена лишними и редко применяемыми разделами.

Говоря о следующем этапе процедур контроля качества, операционном контроле, следует отметить, что несвоевременное его проведение может исключить в

дальнейшем возможность проведения данной операции технологического цикла. Например, при выполнении сборочно-сварочных работ непроверенный сварной шов впоследствии может быть закрыт другими элементами металлоконструкции и контроль его в объеме, установленном техническими условиями или инструкцией по монтажу, станет невозможным. Следует отметить, что согласно нормативной документации Ростехнадзора, применение сварочных технологий при ремонте и монтаже ТУ, применяемых на ОПО, и является квалифицирующим признаком специализированного предприятия, осуществляющего данный вид деятельности в области промышленной безопасности. При этом, естественно обязательно наличие у предприятия аттестованной технологии сварки, подтвержденной соответствующим свидетельством НАКС. Наличие аттестованной технологии сварки подразумевает наличие аттестованных сварщиков и специалистов сварочного производства, а также аттестованного сварочного оборудования. На предприятии должен быть организован неразрушающий контроль выполненных сварных соединений в объёме, предусмотренном техническими условиями и ФНП Ростехнадзора. Соответственно, должна быть собственная аттестованная лаборатория неразрушающего контроля или данные работы должны выполняться силами сторонней лаборатории по договору. Требования операционного контроля в общей форме установлены пунктами 7.4.3. и 8.4.2. ГОСТ Р ИСО 9001-2011. [6], а в конкретных случаях - техническими условиями.

Последняя группа технологических операций (приемо-сдаточные испытания) отремонтированного (смонтированного) ТУ, должна отражать

результаты приемочного контроля, который должен документироваться согласно форм, установленных требованиями НТД Ростехнадзора и РК. В системе стандартов качества ИСО эти требования устанавливаются п.8.2.4. раздела 8.2. ГОСТ Р ИСО 9001-2011 [6]. Документом, содержащим результаты приемочного контроля, является журнал (книга учета) отремонтированных (смонтированных) технических устройств и акт выполненных работ (монтажа, ремонта).

Один из обязательных документов приемочного контроля, например при ремонте кранов, – акт ремонта металлоконструкции с применением сварочных технологий, форма данного акта должна быть установлена в руководстве по качеству. Один экземпляр акта вместе с ремонтными чертежами должен передаваться заказчику. Результаты монтажа объекта котлонадзора должны оформляться удостоверением о качестве монтажа, содержание которого установлено п.191 ФНП [3].

Возможность проведения приемочного контроля подразумевает наличие у предприятия определенных технических средств и условий для выполнения данных работ. Для предприятий, осуществляющих ремонт расчетных металлоконструкций грузоподъемных кранов, обязательно наличие аттестованных контрольных грузов и испытательной площадки соответствующих размеров и покрытия, где можно провести статические и

Литература

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон №116-ФЗ от 21.07.1997 года (в ред. от 13.07.2015г)// опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 13.07.2015).
2. О техническом регулировании: федеральный Закон от 27.12.2002г №184-ФЗ (в ред. от 13.07.2015г.) //опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 21.04.2015).

динамические испытания отремонтированных кранов. Для предприятия, проводящего ремонт оборудования под давлением необходимо наличие оборудования, для создания пробного давления в отремонтированных узлах (насосов - мультипликаторов, компрессоров и т.п.).

Затрагиваемые в статье вопросы организации и оформления технической документации при проведении ремонта и монтажа ТУ более подробно рассмотрены в статье отраслевого журнала «Безопасность труда в промышленности» [9] там же предложены некоторые разработанные авторами формы оформления первичной и отчетной производственной документации (формы документирования процедур качества) для подобного специализированного предприятия.

Документирование процедур качества означает, во-первых, что системой качества (руководством по качеству) установлены формы документирования (журналы, акты, формуляры и т.д.); во-вторых, что указанная документация имеется на производственных участках у ответственных исполнителей, и, в третьих, в указанных формах отражаются результаты контроля (результаты реализации процедур качества), т.е. документация ведется. При выполнении данных условий можно констатировать, что на предприятии существует реальная, а не формально существующая система качества.



3. Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утверждены приказом Ростехнадзора от 25.03.2014г №116// бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти", N 38, 22.09.2014.
4. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утверждены приказом Ростехнадзора от 12.11.2013г №533// бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти"- N 8-24.02.2014.
5. Требования к организациям, осуществляющим деятельность в области промышленной, экологической безопасности, безопасности в энергетике и строительстве: сборник документов: Системы добровольной аккредитации (СДА18-2009): принят решением Наблюдательного совета СДА от 20 июля 2009 г. N 30-БНС // Сборник документов по аккредитации - серия 32- выпуск 5, М., - НТЦ "Промышленная безопасность"-2009.
6. Система менеджмента качества: государственный стандарт ГОСТ Р ИСО 9001-2011// Информационный бюллетень о нормативной, методической и типовой проектной документации", N 4, 2011.
7. Руководящие указания по документированию систем менеджмента качества: международный стандарт ИСО 10013-2013 //Информационный бюллетень о нормативной, методической и типовой проектной документации", N 3, 2013.
8. Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля: государственный стандарт ГОСТ 24297-2013//ИПК Издательство стандартов – М, - 2013.
9. Волобуев А.Н., Гуляева О.Г. Неймарк А.С. Реализация требований системы обеспечения качества в организациях, осуществляющих ремонт и монтаж технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах// журнал Безопасность труда в промышленности.- 2007г - №2- С.69-73.



РЕАЛИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ РОСТЕХНАДЗОРА ПРИ ВНЕСЕНИИ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ЭКСПЕРТИЗ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР ЗАКЛЮЧЕНИЙ

УДК 340.132.6

Ряднов И.И.	Ведущий эксперт Общества с ограниченной ответственностью «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Сизов В.Н.	Ведущий эксперт Общества с ограниченной ответственностью «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Орлов А.В.	Начальник ЛНК Общества с ограниченной ответственностью «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»),
Нарожный А.Д.	Инженер 1 категории экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Беляев Г.С.	Директор по науке и технике ООО «Промтехэкспертиза»

12.11.2015

Аннотация. В статье анализируется практика применения вступивших в силу нормативных документов Ростехнадзора, устанавливающих требования к осуществлению процедуры внесения заключений экспертизы промышленной безопасности реестр заключений.

Ключевые слова: регистрация заключений, реестр заключений, административный регламент, оценка требований НТД.

Вступившим в силу Федеральным Законом [1] были внесены серьезные изменения в Федеральный закон о промышленной безопасности [2] в части экспертизы промышленной безопасности (далее - ЭПБ) опасных производственных объектов (далее ОПО). Настоящим правовым актом [1] с 2014 года установлена процедура регистрации (внесения в реестр) органами Ростехнадзора заключений ЭПБ взамен предусмотренного прежней редакцией [2] утверждения заключений ЭПБ. Юридическую силу заключения ЭПБ приобретают только после внесения их органами Ростехнадзора в государственный реестр заключений ЭПБ. Данный порядок установлен и в действующей редакции указанного

Федерального Закона о промышленной безопасности от 13.07.2015г. [2].

Данные изменения в Федеральном Законе [2], вступившие позднее в силу новые положения Уголовного кодекса, устанавливающие уголовную ответственность экспертов за выдачу заведомо ложного заключения экспертизы промышленной безопасности, и, наконец, вступающие в силу новые нормативно-правовыми акты по аттестации экспертов, говорят о системном изменении подхода государства к вопросам проведения экспертизы промышленной безопасности.

Контроль со стороны государства в сфере экспертизы промышленной безопасности ранее



проявлялся по трём направлениям в следующих формах: лицензирование экспертных организаций, контроль за осуществлением данной лицензируемой деятельности лицензиатами, и наконец, до вступления силу указанного закона, в утверждении (включая регистрацию) заключений экспертизы промышленной безопасности.

Более чем семнадцатилетний опыт утверждения заключений ЭПБ Ростехнадзором (ранее Госгортехнадзором), со всей очевидностью показал, что функция по утверждению заключения экспертизы промышленной безопасности являлась для Ростехнадзора избыточной, и служила источником дополнительных финансовых расходов для бизнеса, а также способствовала появлению предпосылок для коррупционных проявлений. Вступившими в силу изменениями в законе [2] установлено изменение последнего из перечисленных составляющих государственного контроля в сфере экспертизы промышленной безопасности. Утверждение заключений заменено их регистрацией (точнее – учетом) путем внесения сведений о них в реестр заключений экспертизы промышленной безопасности. Экспертное заключение будет действительно и, соответственно, может быть использовано по назначению, например, для продления срока эксплуатации технического устройства (здания, сооружения), только после внесения его в реестр. Порядок ведения такого реестра, осуществления процедур внесения в него заключений, а также форма заявления о внесении записи установлена Ростехнадзором.

Действовавшим ранее руководящим документом Ростехнадзора (далее – РД) [3] по утверждению заключений ЭПБ, было предусмотрено шесть критериев оценки соответствия

заключений ЭПБ при процедуре их утверждения:

- соответствия требованиям к оформлению заключения экспертизы;
- соответствия проведения экспертизы условиям лицензии, выданной экспертной организацией Госгортехнадзором России;
- участия в проведении экспертизы экспертов, прошедших аттестацию в установленном порядке;
- соблюдения требований, предъявляемых к проведению экспертизы промышленной безопасности;
- использования при проведении экспертизы нормативных документов, методик и других документов, утвержденных или согласованных Ростехнадзором;
- использования необходимых и допущенных для проведения экспертизы контрольного, испытательного и диагностического оборудования и средств измерений.

Особенно спорным являлся при утверждении заключения ЭПБ критерий, предусматривающий оценку порядка проведения экспертизы. При его произвольно широкой трактовке должностное лицо Ростехнадзора, участвующее в процедуре утверждения заключения, должно было вникать и, контролировать все технические детали процесса экспертизы (выбор точек контроля, видов контроля, объемов контроля, правильность поверочных расчетов, обоснованность выводов и т.д.) и, разумеется, в юридическом плане нести, при определенных обстоятельствах, свою долю ответственности. Подавляющее большинство отказов в утверждении заключений ЭПБ, обжалованных экспертными организациями, основывалось именно на данном критерии. Также спорным являлся критерий по оценке выбора

контрольного и диагностического оборудования. Оценка заключений по остальным критериям являлась, в принципе, формализованной процедурой, исключавшей какой либо субъективный и предвзятый подход, и при осуществлении её не возникало проблем.

Следует отметить, что необходимость замены процедуры утверждения заключений ЭПБ была очевидна практически с момента начала утверждения заключений ЭПБ в 1998 году и вступление в силу с 2014 года рассматриваемого положения вышеуказанного закона [1], было давно ожидаемым.

Полноценная реализация установленных нормативной документацией критериев оценки заключений ЭПБ, изложенных в РД [3], при процедуре их утверждения, очевидно выходили за пределы возможностей Ростехнадзора, как из-за количества заключений ЭПБ (более 300 тыс. в год), так и в части возможности оценки их качества, учитывая, что уровень компетентности рассматривающих их сотрудников не может сравниться в специфических вопросах составления программы и проведения экспертизы с компетентностью экспертов, готовивших заключение.

Практически существовавшая процедура утверждения заключения экспертизы промышленной безопасности являлась, по ныне существующей терминологии, документарной проверкой всего процесса проведения экспертизы, а не только заключения ЭПБ, что было совершенно нереально при существующем количестве проводимых экспертиз. Кроме того, специалист широкого профиля в области промышленной безопасности, каковым является инспектор Ростехнадзора, не говоря уже о работниках технических отделов, осуществляющих регистрационные

процедуры, как уже говорилось, по определению уступает эксперту в области промышленной безопасности, имеющему узкую специализацию в своей области.

Согласно пункта 7 статьи 13 измененной редакции Федерального закона [2] Ростехнадзором был разработан административный регламент [5] по осуществлению государственной функции ведения реестра заключений, т.е. фактически по регистрации заключений ЭПБ. Регламентом установлены критерии оценки соответствия представляемых заключений и, соответственно, процедура принятия решений о внесении заключения в реестр или отказе во внесении в реестр.

Как и ожидалось, при замене процедуры утверждения заключений экспертизы промышленной безопасности на процедуру их внесения в реестр (фактически - регистрацию) набор критериев оценки заключений оказался коренным образом пересмотрен. Среди установленных РД [3] критериев оценки заключений ЭПБ в новом административном регламенте [4] уже не присутствуют такие, как оценка порядка проведения экспертизы, оценка использованного при проведении экспертизы контрольного и испытательного оборудования, оценка использованных при проведении экспертизы нормативно-технических документов (выбор методик диагностирования). В этих вопросах сотрудники Ростехнадзора, оценивающие заключение, не могут, как указывалось выше, качественно оценить работу экспертов. Таким образом, оценка представленных к внесению в реестр заключений ЭПБ, как ожидалось, будет осуществляться в части контроля оформления заключения, т.е. наличия в нем предусмотренных (ранее Правил [5], а в настоящее время ФНиП [6] по



проведению экспертизы промышленной безопасности) разделов, включая сведения об экспертной организации, объекте экспертизе и корректности формулировок с целями и выводами экспертизы. Практически при процедуре регистрации (внесении в реестр) должна проводиться только оценка требования НТД, в первую очередь к комплектности, содержанию и оформлению заключений ЭПБ, а не к порядку проведения самой экспертизы. Порядок проведения самой экспертизы должностное лицо Ростехнадзора может проверить в ходе лицензионного контроля экспертной организации, контрольном мероприятии в отношении самой организации - владельца объекта экспертизы, и, разумеется, при расследовании аварии на объекте экспертизы (техническом устройстве, здании, сооружении, документации на них и т.д.). По сравнению со сплошной проверкой всех заключений при утверждении, предусмотренной ранее РД [3], это, разумеется, выборочные проверки.

Совершенно очевидно, что представленное заключение должно соответствовать требованиям раздела 5 ФНиП [6], т.е. заключение должно иметь титульный лист согласно требованиям административного регламента [4], разделы должны соответствовать п.26 [6], страницы заключения должны быть пронумерованы, прошнурованы и, опечатаны экспертной организацией с указанием количества страниц. Эти моменты в части оформления и должны были отслеживаться. Данные требования, а также наличие лицензии, аттестации экспертов, правильность выбора объекта экспертизы, соответствие требованиям выводов и заключений по результатам экспертизы - вот и всё, что по логике должно было контролироваться при процессе регистрации (внесении в реестр) заключений ЭПБ. Оценка заключений ЭПБ в части выполнения

этих требований полностью исключают возможность, какой либо субъективной или мотивированной оценки при внесении заключения в реестр. Процесс оценки абсолютно формализован - «есть-нет» (лицензия на ЭПБ, аттестация экспертов) и «соответствует - не соответствует» (содержание и оформление заключения ЭПБ, объектов экспертизы, выводов). Сам процесс экспертизы, не оценивается ни в какой мере.

При анализе положений Административного регламента [6] становится ясным, что приоритетом для разработчиков стали чисто юридические моменты в оценке заключений ЭПБ, т.е. обеспечения минимума предпосылок для создания каких либо юридических коллизий при осуществлении регулируемой процедуры. Как показывает опыт, юридическое совершенствование документа не всегда ведет к его улучшению в других отношениях и упрощению практики его применения. Это особенно актуально в отношении нормативно-технической документации (улучшение нормативно-юридической составляющей документа, как правило, пагубно сказывается на его техническом содержании и возможностях практического применения). Административным регламентом [4], в отличие от РД [3], устанавливавшего явно избыточные критерии соответствия заключений, практически не устанавливается никаких критериев оценки, кроме наличия у экспертной организации лицензии. Вместо шести существовавших ранее, согласно РД [3], критериев оценки остался один (наличие лицензии в экспертной организации), в остальном происходит лишь оценка комплектности представляемого пакета документов. При проведении процедуры внесения в реестр в принципе можно даже не открывать заключение - все данные необходимы при регистрации,



включая реквизиты лицензии, как правило, имеются на титульном листе заключения ЭПБ. Процедура, при которой при внесении в государственный реестр заключения не требуется ознакомиться с содержанием документа, т.е. хотя бы оценить наличие в нем всех разделов документа, предусмотренных ФНиП [6] по проведению экспертизы, не может не вызывать вопросов. Фактически, как указывалось выше, оценивается только комплектность и соответствие установленным формам сопроводительных документов. Впрочем, это вполне логично, если учитывать срок процедуры регистрации – пять дней по сравнению с прежними тридцатью днями. За указанный срок заключение просто не успеет выйти за пределы канцелярии, принявшей заключение и выдавшей зарегистрированный экземпляр, и технического отдела, внесшего заключение в информационную систему КСИ. До инспектора профильного отдела, способного оценить хотя бы оформление и содержание заключения в части его соответствия ФНиП [6] по проведению экспертизы оно просто не дойдет. Подобная бесконтрольность со временем приведет к размыванию сложившихся требований к единообразию оформления и содержанию заключений ЭПБ, установленных многолетней практикой и требованиями действовавших ранее документов.

Между тем, например, процесс контроля правильной идентификации объекта экспертизы является весьма актуальным. Эта актуальность учитывалась законодателями при внесении изменений в Федеральный закон [2], соответственно, перечень объектов экспертизы уточнялся и, сужался. Например, были конкретизированы здания и сооружения, подлежащие экспертизе промышленной безопасности. Если ранее экспертизе

подлежали все здания и сооружения на опасном производственном объекте без исключения, то сейчас - здания и сооружения на опасном производственном объекте, предназначенные для осуществления технологических процессов, хранения сырья или продукции, перемещения людей и грузов, локализации и ликвидации последствий аварий. Данная детализация в законе способствовала уточнению круга подобных объектов экспертизы, особенно в надзоре за объектами химии и нефтехимии. Безусловно, положительным можно считать упразднение в ФНиП [6] установленного ст. 4.3.3.3. отмененного ПБ [5], порядка оформления так называемых «Условий, подлежащих выполнению», при которых допускалась выдача положительного заключения экспертизы, при наличии отступлений от требований, при условии утверждения (ограничения, дополнения) данных отступлений Ростехнадзором и последующего контроля их устранения экспертной организацией. Вместо этой сложной и малопонятной процедуры, которая на практике никогда не реализовывалась, ФНиП [6] по проведению экспертизы установлена возможность выдачи заключения о неполном соответствии объекта экспертизы, и приведении его в полное соответствие при условии выполнения определенных в заключении мероприятий в установленный срок. При этом не экспертная организация, ни орган Ростехнадзора не отвечают, как было фактически установлено ранее ст. 4.3.3.3. ПБ [5], за выполнение этих мероприятий и возможные последствия эксплуатации владельцем объекта при невыполнении им указанных требований.

С проблемой правильности идентификации объектов экспертизы авторам приходилось сталкиваться в процессе работы с внесенными в реестр



экспертными заключениями на модульные газовые котельные (заключение экспертизы промышленной безопасности на техническое устройство перед началом его применения на ОПО), которое представило предприятие, предполагающее освоить их производство. При выяснении вопроса, почему выбрана такая форма оценки соответствия, а не предусмотренная для подобного оборудования Техническим регламентом о безопасности газового оборудования [7] сертификация, заказчиком было указано, что данный технический регламент согласно приложению №1 не распространяется на модульные котельные. Это объяснение можно считать вполне логичным, если учесть что техническим устройством, применяемым на ОПО, является не модульная котельная, а устанавливаемый в ней котел. По этой причине сама котельная никак не может быть в указанном приложении к упомянутому техническому регламенту. Указанный случай говорит о том, что презумпция полной компетентности экспертной организации, заложенная разработчиками Регламента в его основу, является не совсем обоснованной. Впрочем, следует сказать, что требования к данному виду экспертизы (экспертиза технического устройства перед началом его применения на ОПО), как к любому новому виду экспертизы, в настоящее время недостаточно установлены действующей нормативно-технической документацией. Вопросы правильности идентификации объектов экспертизы поднимались в публикациях журнала учрежденного Ростехнадзором «Безопасность труда в промышленности» [8,9,10]. В указанных публикациях обсуждался, в частности, вопрос о более конкретной идентификации такого объекта экспертизы как «здания и сооружения на опасном производственном объекте». Как

указывалось выше, в последних редакциях Федерального Закона [2] данное понятие было конкретизировано.

Надо отметить, что некоторые вопросы с идентификацией объектов экспертизы возникли с отменой Порядка [11]. Данный Порядок, утвержденный Минприроды, в составе которого в то время находился Ростехнадзор, вступил в силу в 2009 году взамен руководящего документа Госгортехнадзора РД 03-484-02. В частности, пунктом 13 Порядка [11] допускалась возможность экспертизы промышленной безопасности составных частей технического устройства. Исходя из указанного пункта, экспертизу промышленной безопасности составных частей технического устройства можно было проводить лишь в случаях, если нормативно-технической документацией были установлены сроки их (частей технического устройства) эксплуатации. Например, барабан котла может являться объектом экспертизы промышленной безопасности, т.к. согласно п.1.4.3. ГОСТ 24005-80 устанавливается срок службы барабана котлов 20 лет, чугунных экономайзеров - 15 лет и т.д. Стрела или ходовая тележка грузоподъемного крана не может являться объектом экспертизы отдельно от всего крана, так как не существует нормативного документа, устанавливающего срок эксплуатации указанных частей крана. Проблема идентификации составных частей технических устройств особенно актуальна в химической, нефтехимической и нефтяной промышленности, где эксплуатируются весьма сложные технические устройства. Порядок [11], как и предшествующий ему РД 03-484-02 регулировал и ряд других вопросов по экспертизе промышленной безопасности, не отраженных в других нормативных документах Ростехнадзора. С выходом в 2010 Ростехнадзора из состава Минприроды вопросы экспертизы промышленной безопасности



остались вне компетенции указанного министерства и, соответственно, Порядок [11] этим министерством в 2014 году был отменен.

Оценка заключений экспертизы промышленной безопасности в части упомянутых критериев по оформлению и содержанию (соответствие объекта экспертизы, наименования разделов и формулировки выводов требованиям ФНиП [6]) являлась бы абсолютно формализованной процедурой, не создающей никаких предпосылок для коррупционных проявлений или дополнительных финансовых расходов для бизнеса. Соответственно и вполне ожидаемо было бы их появление в новом административном регламенте по учету заключений ЭПБ. Вместо имевшей место избыточной оценки качества заключений согласно РД [3] нынешним административным регламентом [6] установлен порядок, не предусматривающий практически никакого контроля по содержанию заключений ЭПБ.

По мнению авторов при процедуре регистрации заключений ЭПБ регистрирующим органом должны вноситься в систему КСИ не только наименование эксплуатирующей ОПО организации, идентификационный номер объекта экспертизы (регистрационный или инвентарный № ТУ, ЗС, шифр ПД и пр.), наименование экспертной организации, номер лицензии на экспертизу ПБ но и, учитывая возросшую роль и ответственность эксперта в процессе экспертизы, номер удостоверения ведущего эксперта. Сведения о наименовании экспертной организации, её лицензии и № удостоверения эксперта, естественно, должны находиться в базе данных информационной системы и при попытке введения сведений, не совпадающих с указанной базой данных регистрация

заключения ЭПБ, становится невозможной.

В системе КСИ необходимо ввести более конкретизированное наименование объекта экспертизы, при этом наименование должно быть из перечня типовых занесенных в базу данных (техническое устройство оборудования, работающего под давлением; здание (сооружение), на объекте газопотребления, проектная документация на техническое перевооружение объекта переработки растительного сырья и т.п.). Подобная идентификация объекта экспертизы должна присутствовать в заключении ЭПБ в начале раздела «Перечень объектов экспертизы, на которые распространяется заключение» после слов «Объектом экспертизы является...». К сожалению, в настоящее время часть экспертных организаций, не проводит подобную чёткую идентификацию объекта экспертизы в данном разделе экспертного заключения, наполняя этот раздел всевозможными сведениями и техническими характеристиками объекта, не относящимися к промышленной безопасности. Вполне возможно, осознавая неубедительность оснований для проведения экспертизы данного объекта, как в вышеприведенном случае с модульными котельными, это делается намеренно. Перечень вышеуказанных типовых наименований объектов экспертизы должен быть внесен в КСИ, и при отсутствии подобной идентификации в заключении ЭПБ дальнейшее внесение регистрационных данных в систему исключается, т.е. процедура внесения в реестр приостанавливается.

Аналогично вышеуказанным требованиям к идентификации объекта экспертизы в терминологии Федерального закона [2] и ФНиП [6] по проведению экспертизы, должна быть типовая идентификация результатов экспертизы объекта согласно пункта 27



ФНиП [6]: «соответствует требованиям промышленной безопасности полностью», «соответствует требованиям промышленной безопасности не в полной мере и т.д.» или «не соответствует требованиям промышленной безопасности» (для всех объектов экспертизы).

Обращая внимание на критерии соответствия заключения ЭПБ предложенным требованиям, установленным для регистрации (внесению в реестр), следует отметить, что кроме визуальной оценки оформления по четко установленным внешним критериям (форма титульного листа, перечень разделов заключения, установленный п.26 ФНиП [6], нумерации листов, прошивка и опечатка, формулировки наименования объекта экспертизы и результатов экспертизы). Оценку по всем остальным критериям (кроме, разумеется, оценки порядка проведения экспертизы и выбора контрольного оборудования), присутствовавшим в РД [3], но не включенным в новый регламент [4] может производить информационная система КСИ путем сравнения их в внесенными в неё типовыми формулировками и базами данных. Подобная система регистрации совершенно исключает влияние человеческого фактора и, соответственно, наличие каких либо коррупционных составляющих при осуществлении процедуры регистрации (внесению в реестр) заключений ЭПБ. Внесенная электронная версия заключения ЭПБ должна находиться в свободном доступе контролирующих инспекторов, чьё участие в процедуре внесения ЭПБ в реестр не предусмотрено. Сама процедура внесения в реестр не требует участия специалистов по конкретным видам надзора и, фактически является типичной процедурой делопроизводства,

не требующей специальных знаний в области промышленной безопасности.

В настоящее время разработан проект изменений и дополнений в действующий административный регламент [3] (проект опубликован на сайте *regulations.gov*), который во многом учитывает затронутые выше вопросы. Наряду с совершенствованием чисто процедурных моментов при регистрации заключений ЭПБ, он устанавливает весьма важные дополнительные требования к самим заключениям. В частности он предусматривает одним из критериев оценки заключений ЭПБ при внесении их в реестр правильность выбора объекта экспертизы, что даст возможность избежать случаев регистрации заключений подобных вышеописанному случаю с модульными котельными. По мнению авторов в проект документа целесообразно внести в число критериев оценки не только правильность выбора объекта экспертизы (объекты перечислены в ст. 13 федерального Закона [2]), но и обоснованность проведения самой экспертизы. Это сделать тем проще, что все основания для проведения экспертизы, предположим, технических устройств (наиболее распространенный вид ЭПБ) перечислены в ст. 7 федерального Закона [2]. Следует сказать, что случаи проведения экспертизы объектов, которым не требуется проводить экспертизу (техническим устройствам, не отработавшим установленный срок службы и т.п.), по непонятным причинам или основаниям, далеким от требований промышленной безопасности (некомпетентность заказчиков в сочетании с коммерческим интересом экспертных организаций и т.п.), довольно часты.

Следует отметить, что срок внесения заключений ЭПБ в госреестр, предусмотренный как действующим



Регламентом [4], так и опубликованным проектом, – пять дней вполне обоснован, если вся регистрация ограничивается чисто канцелярскими процедурами (прием и оценка заявительных документов, внесение в электронную базу данных, оформление и выдача уведомления по типовым образцам), в которых участвуют только канцелярия и

технический отдел органа Ростехнадзора. Однако для оценки правильности выбора объекта экспертизы и обоснованности её проведения необходимо более детальное рассмотрение заключений ЭПБ в профильных отделах. На это необходимо если и не тридцать дней как было ранее установлено [3], то, несомненно, больше пяти дней.

Литература

1. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части проведения экспертизы промышленной безопасности и уточнения отдельных полномочий органов государственного надзора при производстве по делам об административных правонарушениях: федеральный закон от 2 июля 2013года N186-ФЗ// "Собрание законодательства РФ", 08.07.2013, N 27, С. 3478.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федеральный закон №116-ФЗ от 21.07.1997 года (в ред. от 13.07.2015г)// опубликован на Официальном интернет - портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 13.07.2015г.
3. Положение о порядке утверждения заключений экспертизы промышленной безопасности: Руководящий документ РД 03-298-99, утв. Постановлением Госгортехнадзора от 14.07.1999г №51// Сер. 26. - Вып.2.:М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006г.- С.20-30.
4. 4. Административный регламент Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по предоставлению государственной услуги по ведению реестра заключений экспертизы промышленной безопасности: утвержден приказом Ростехнадзора от 23.06.2014 N 260 // Официальный интернет-портал правовой информации <http://www.pravo.gov.ru>, 16.01.2015.
5. 5. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности: правила безопасности ПБ 03- 246-98: утверждены постановлением Госгортехнадзора от 14.07.1999г №51 // Сер. 26. - Вып.2.:М.: ФГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006г.- С.5-20.
6. 6. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности: федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности: утверждены приказом Ростехнадзора от 14.11.2013г №538// "Российская газета", -N 296-31.12.2013.
7. 7. О безопасности аппаратов работающих на газообразном топливе: технический регламент Таможенного союза : ТРТС 016/2011: принят решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 16.08.2012 №125 // размещено на официальном сайте Евразийской экономической комиссии <http://www.eurasiancommission.org/> - 02.09.2015.
8. 8. Волкодаев В.А., Волобуев А.Н. Оценка качества оформления и содержания заключений экспертизы промышленной безопасности при процедуре их регистрации и утверждения в органах Ростехнадзора // журнал «Безопасность труда в промышленности» 2008г- №8- С. 42-43.
9. 9. Боблак В.А., Максимов С.Ю., Аблаутов В.В. Установление критериев оценки заключений экспертизы промышленной безопасности при их регистрации в органах



- Ростехнадзора и использование результатов экспертизы в надзорной деятельности инспекторов // журнал «Безопасность труда в промышленности» 2009г - №10, -С.24-26.
10. Боблак В.А., Максимов С.Ю., Аблаутов В.В., Волобуев А.Н. Идентификация объектов экспертизы промышленной безопасности проектной документации согласно требованиям нормативных документов по промышленной безопасности // журнал «Безопасность труда в промышленности» 2009г, -№11, -С.22-24.
 11. Порядок продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах: утвержден приказом Минприроды от 30.06.2009 № 195// "Российская газета"- N 188- 07.10.2009.



ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛОГРАФИИ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ

УДК 620.179.132

Вакатов А.В.	Эксперт по объектам котлонадзора и сосудов, работающих под давлением Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Куценко М.М.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Чуфаров М.В.	Инженер-дефектоскопист ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Зорин П.Н.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»,
Бикинеев Д.В.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»

13.11.2015

Металлография – направление в металловедении, классический метод исследования и контроля металлических материалов, подготовка и изучение строения структуры шлифа обычно с помощью микроскопии. Исследует закономерности образования структуры металла, изучает его макроструктуру и микроструктуру, атомно-кристаллическое строение, влияние структуры на механические, электрические, магнитные и другие свойства [1].

Металлографические исследования структуры материалов, из которых изготовлены технические устройства, эксплуатируемые на опасных производственных объектах, получили широкое практическое применение при экспертизе промышленной безопасности, в частности при техническом диагностировании оборудования, работающего в условиях высоких температур, для изучения структуры металла и её возможной деградации. Помимо этого металлографию можно

использовать при изучении причин разрушения оборудования.

При проведении экспертизы промышленной безопасности трубопровода теплофикационной воды как завершающим этапом технического диагностирования проводилось гидравлическое испытание трубопровода в соответствии с требованиями Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением» [2]. Основные технические параметры трубопровода приведены в таблице 1.

Табл. 1. Основные технические параметры трубопровода.

Рабочее давление	1,25 МПа (12,5 кгс/см ²)
Расчётное давление	1,25 МПа (12,5 кгс/см ²)
Пробное давление	1,6 МПа (16,0 кгс/см ²)
Рабочая	«плюс» 130°С

температура	
Расчётная температура	«плюс» 130°C
Рабочая среда	Вода теплофикационная

При гидравлическом испытании трубопровода произошло разрушение втулки вентиля 15кч19п Ду50 Ру16 (фото 1).



Фото 1. Внешний вид вентиля.

Для выяснения причины разрушения втулки были проведены следующие работы:

- визуальный осмотр шестигранника №1 и оторванной резьбы №2 втулки (фото 2), а также места разрушения при десятикратном увеличении,
- металлографические исследования микроструктуры образцов, вырезанных из шестигранника и резьбы втулки,
- определение твёрдости.



Фото 2. Шестигранник №1 и резьба №2.

При проведении визуального контроля на поверхности образцов

выявлены вмятины (фото 3) и следы механического воздействия (фото 4).

Твёрдость обеих частей втулки составила по Бринеллю 164÷178 НВ.

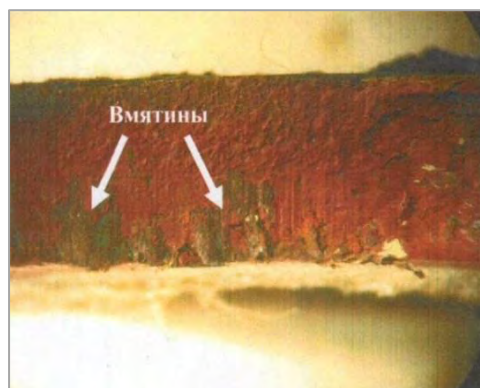


Фото 3. Вмятины на поверхности.

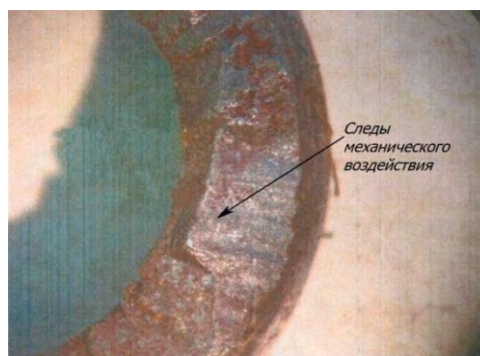


Фото 4. Следы механического воздействия.

Для проведения металлографических исследований были вырезаны образцы из шестигранника и резьбы втулки. Измерения проводились по средствам микроскопа Axiovert 40 MAT. (фото 5.) Габаритные размеры и оптическая конструкция микроскопа представлена на рисунках 1, 2.



Фото 5. Микроскоп Axiovert 40 MAT.

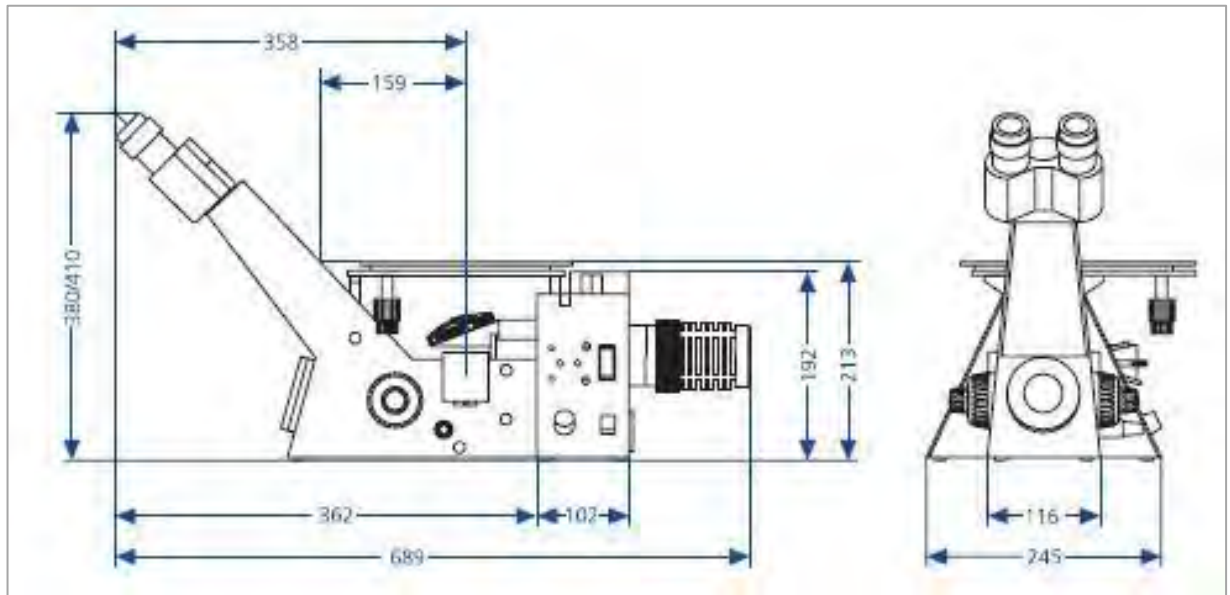


Рис.1 Габаритные размеры микроскопа Axiovert 40 MAT.

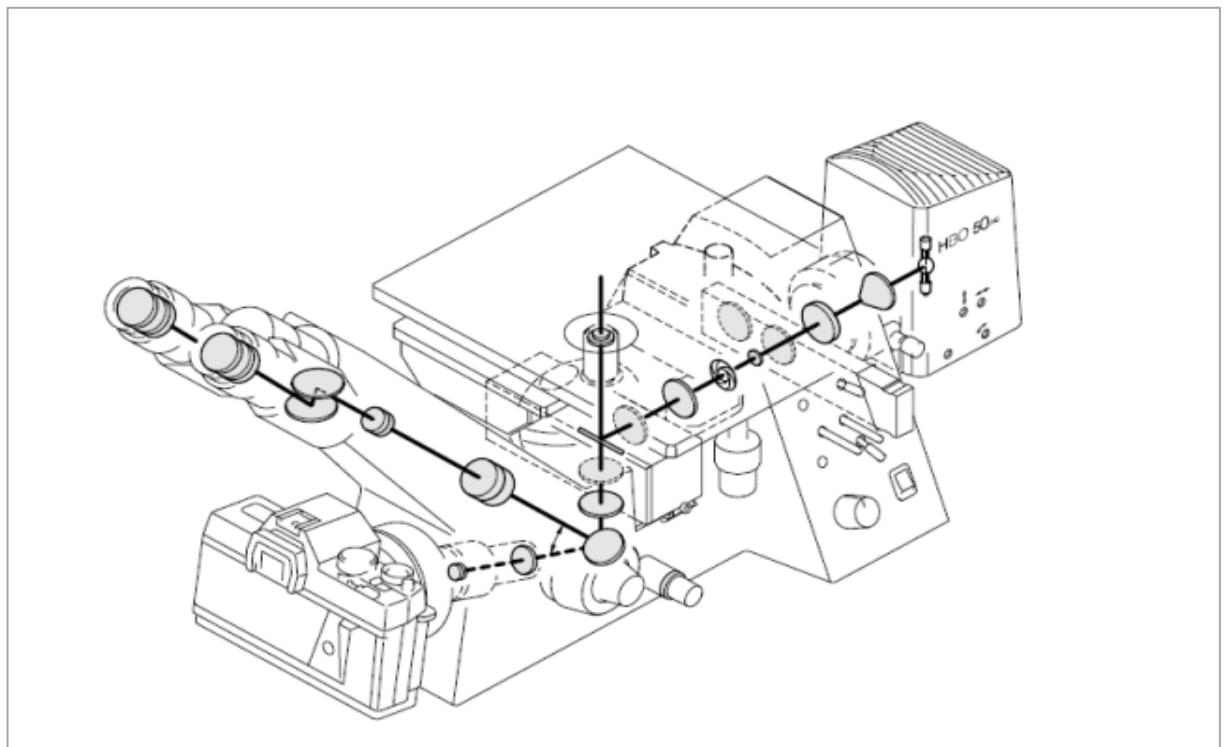


Рис. 2. Оптическая конструкция микроскопа представлена Axiovert 40 MAT.

Функциональные особенности микроскопа Axiovert 40 MAT.

1. Высококачественная оптика, скорректированная на бесконечность, с цветовой коррекцией:

- окуляры W-PL 10x;
- объективы 5x/10x/20x/50x/100x.

Позволяет проводить исследования современными методами контрастирования в отраженном свете: светлое поле, дифференциально-интерференционный контраст, поляризация, флуоресценция.

2. Максимальное линейное поле зрения 23 мм.

3. Механический предметный координатный столик 300x300 мм.

4. Револьверное устройство на 5 объективов.

5. Коаксиальный механизм грубой/точной фокусировки, с двух сторон.

6. Освещение 6В 30Вт; 12В 100Вт — галогенная лампа с регулировкой интенсивности света; стабилизированный блок питания.

7. Микроскоп обладает широкими возможностями для документирования полученных изображений с помощью цифрового фотоаппарата или цифровой видеокамеры для дальнейшего хранения и обработки на компьютере.

8. Программы обработки для количественного структурного и фазового анализа (ImageExpert Pro 3, ImageExpert Gauge, ImageExpert Sample 2).

Методы исследования: светлое поле, темное поле, фазовый контраст, рельефный Varel-контраст, Плас-ДИК, люминесценция.

Оптика: скорректированная на бесконечность, с цветовой коррекцией (ICS-оптика).

Конденсоры A0,2, A0,4 и A0,55 с большим рабочим расстоянием.

Окуляры: 10x/20; 10x/23; 16x/16; 25x/10.

Объективы с большим рабочим расстоянием (для лабораторной посуды):, LD A-Plan, LD Plan-Neofluar, 2,5x-40x.

Система дополнительной смены увеличения «Оптовар» 1,25x; 1,6x; 2x; 2,5x.

Система освещения проходящего света: встроенная, со стабилизированным блоком питания, галогеновая лампа (12В, 35 Вт), принцип Келера, светодиод LED с питанием от сети или аккумулятора.

Модуль для флуоресцентного анализа: ртутная лампа HBO 50, 3-позиционный узел крепления смены светоделителей (для 2 блоков светофильтров для люминесцентного анализа).

Револьверное устройство для крепления 5 объективов.

Встроенная фронтальная система для фото-, видеодокументирования.

Предметные столики: координатный; съемный механический, стеклянный, нагревательный.

Структура втулки вентиля (обеих частей – шестигранника и оторванной резьбы) – ковкий чугун на феррито-перлитной основе (фото 6-7).



Фото 6. Структура образца, вырезанного из шестигранника втулки.



Фото 7. Структура образца, вырезанного из резьбы втулки.

На шестигранной и резьбовой частях втулки не выявлены расслоения, раковины, поры, что являлось бы очагом разрушения данной втулки.

На основании проведённых исследований был сделан вывод, что разрушение втулки вентиля не связано с качеством чугуна, наиболее вероятно, разрушение произошло в результате механического внешнего воздействия (фото 3-4).

Литература

1. Лифшиц Б.Г. Металлография. Учебник для вузов. – М: Металлургия, 1990 – 236с.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25.03.2014 г. № 116. Зарегистрирован Минюстом РФ 19.05.2014 г., регистрационный № 32326.



СЛОЖНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВОДОРОДНОЙ КОРРОЗИИ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 539.4

Одайкин А.П.	Ведущий инженер экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Нарожный А.Д.	Инженер 1 категории экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Муравьев В.С.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Орлов А.В.	Начальник ЛНК ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Малеев О.А.	Эксперт, зам. начальника отдела Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

17.11.2015

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы безопасности оборудования работающего со средами содержащими водород, а так же способы определения наводороженности металла.

Ключевые слова: наводороживание, водородная хрупкость.

Наводороживание металлов – распространенное явление, приводящее к существенному изменению их физико-химических характеристик, что, в свою очередь, влечет за собой изменение объема кристаллической решетки, появление механических напряжений, трещин. В основе существующей концепции наводороживания лежит комплекс физических и физико-химических явлений на границе раздела фаз: адсорбция атомов водорода на поверхности металла, растворение его в приповерхностных слоях и объеме металла, взаимодействие с дефектами структуры, изменение энергии связи Me – Me, образование гидридов [5].

Работа технических устройств в средах, содержащих водород неизбежно приводит к наводороживанию металла - водородной коррозии, особенно если металл долго находится при повышенных температурах в среде, содержащей водород и среда имеет повышенное давление [1].

В результате наводороживания металла меняются его физические свойства, а именно: снижается его эластичность и повышается хрупкость [1]. Хрупкий, наводороженный металл с определенного момента, не в состоянии выдерживать рабочие эксплуатационные нагрузки, вследствие чего происходит авария - взрыв технического устройства, останавливается производство,

предприятие несет большие финансовые потери, высоко вероятны невосполнимые утраты - человеческие жертвы.

Визуально не возможно определить наводороженность металла вплоть до аварии. На сегодняшний день достоверно определить наводороженность можно только лишь в лабораторных условиях - путем обследования вырезанного с технического устройства образца [4].

На ряду с обследованиями вырезов есть несколько способов идентификации наводороженности неразрушающими методами контроля, а именно [2, 3]:

- установка пьезоэлектрических датчиков в наиболее опасных (в коррозионном отношении) местах. Через определенные промежутки времени с датчиков при помощи ультразвукового дефектоскопа снимаются показания, свидетельствующие об изменении амплитуды сигналов, обусловленных водородной хрупкостью;
- при незначительных дефектах - применяют метод затухания. Для проведения контроля этим методом применяются эхо-импульсионные дефектоскопы. Сигналы затухания эхо-импульсов позволяют судить о наличии внутренних трещин в стенке технического устройства.
- метод акустической эмиссии. Выявлено влияние наводороживания на акустическую добротность малоуглеродистых сталей. С увеличением продолжительности наводороживания добротность уменьшается, при этом степень снижения добротности зависит от структурного состояния стали. При проведении акустической эмиссии (АЭ) в наводороженных трубных сталях установлено, что уровень АЭ снижается в несколько раз.

К сожалению, применение вышеперечисленных методов не имеет

широкого распространения по причине их косвенности и сложности объективной интерпретации получаемых данных ввиду отсутствия периодичности контроля, т.е. не имея данных периодичных обследований с момента пуска в эксплуатацию, сложно определить, являются ли показания приборов отклонениями от нормы.

Ввиду отсутствия мониторинговых мероприятий на производстве самым верным способом определения наводороженности остается выполнение выреза с последующим обследованием в лабораторных условиях. Наряду с неоспоримым плюсом этого метода - его точностью, присутствуют существенные минусы:

- для производства выреза необходима остановка производства на период проведения огневых работ, что достаточно проблематично в современных экономических условиях;
- нарушение целостности конструкции технического устройства приводит к появлению дополнительного напряжения;
- заваренное окошко становится потенциально опасным участком на техническом устройстве т.к. сварные швы в большей степени подвержены разрушающим факторам, нежели целостный металл.

По нашему мнению решить сложившуюся проблему идентификации можно следующим образом:

- для возможности проведения определения наводороженности в лабораторных условиях, при производстве оборудования, предназначенного для работы в водородосодержащих средах, необходимо предусмотреть в конструкции съемные элементы, по своей конфигурации и физико-химическим свойствам, не



отличающиеся от материалов самого технического устройства;

- ввести обязательный периодический контроль на предприятиях с момента ввода в эксплуатацию технического устройства, работающего в средах, содержащих водород, известными на сегодня методиками неразрушающего контроля, направленными на выявление наводороженности;
- на предприятиях, эксплуатирующих старое оборудование и не имеющих данных периодического неразрушающего контроля, провести

ряд обследований несколькими методами, и только в случае выявления риска опасной степени наводороженности производить вырезы для более точной идентификации водородной коррозии в лабораторных условиях, при этом необходимо особое внимание уделить завариванию образовавшегося окошка – привлекать только высококвалифицированных специалистов, шов подвергать контролю на пористость неразрушающими методами контроля.

Литература

1. Карпенко Г.В. Влияние водорода на свойства стали: учебное пособие/ Карпенко Г.В., Крипякевич Р.И. - М. Металлургиздат, 1962 г. -197 с.
2. Виноградова С.С. Коррозионный мониторинг и контроль эффективности защиты металлических конструкций: учебное пособие/ Виноградова С.С., Кайдриков Р.А., Журавлев Б.Л. Назмиева Л.Р., Ткачева В.Э. - Казань. Казан. гом. технол. ун-т., 2007 г. -100 с.
3. Бурнышев И.Н. Валиахметова О.М., Лыс В.Ф. Акустическая добротность наводороженных малоуглеродистых сталей// Письма в ЖТФ Институт прикладной механики сборник статей УрО РАН Ижевск - 12.04.2005 г. том 31, вып. 7, С. 14-18.
4. Способ определения необратимого водородного охрупчивания. Патент на изобретение №:2089623 Карпов Л.П. Патентообладатель: Комбинат "Электрохимприбор" 1997 г.
5. Практическое руководство компании НАЛКО по анализу причин повреждения котлов Nalco Chemical Company Повреждения под действием водорода [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://msd.com.ua>.



НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

УДК 67

Рогожев И.В.

Малкин В.А.

Евсеев В.А.

Полыгалов А.Н.

Барминова О.М.

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

17.11.2015

Повышение уровня надежности и увеличение ресурса машин и других объектов техники возможно только при условии выпуска продукции высокого качества во всех отраслях машиностроения. Это требует непрерывного совершенствования технологии производства и методов контроля качества. В ряде случаев выборочный контроль исходного металла, заготовок, полуфабрикатов и готовых изделий ответственного назначения не гарантирует их высокое качество, особенно при серийном и массовом изготовлении. В настоящее время все более широкое распространение получает 100%-ный неразрушающий контроль продукции на отдельных этапах производства.

Задача повышения надежности и долговечности машин может быть успешно решена при условии совершенствования методов контроля.

Контроль качества заключается в проверке соответствия показателей качества установленным требованиям. Важными критериями высокого качества деталей машин являются физические, геометрические и функциональные показатели, а также технологические признаки качества, например, отсутствие недопустимых дефектов типа нарушения сплошности материала, и покрытия, геометрических размеров и чистоты

обработки поверхности требуемым технической документацией и др. Можно утверждать, что нет ни одного безошибочного метода контроля. Могут встречаться непредвиденные условия эксплуатации, поэтому диагностические технологии должны быть «избыточными» в отношении применения комплекса различных по физической сути методов и приемов неразрушающего контроля, которые бы дополняли друг друга для обеспечения максимальной гарантии качества изделия.

В современных условиях стремительного научно-технического прогресса роль неразрушающего контроля значительно возросла. Его применение при эксплуатации машин в различных областях народного хозяйства дает значительный технический и экономический эффект. Использование его в эксплуатации позволяет обеспечить высокую надежность и долговечность машин.

Применению неразрушающего контроля предшествует разработка модели, отражающей изменение свойств материалов и изделий по характерным признакам. Неразрушающий контроль заключается в проверке физическим методом соответствия показателей качества контролируемой продукции установленным требованиям без

нарушения ее свойств, функционирования и пригодности к применению.

Многолетний опыт исследования отказов машин и механизмов свидетельствует о том, что основным видом разрушения деталей из различных металлических материалов является разрушение от усталости. Причины указанного вида разрушения весьма многообразны. К их числу относятся: например, низкое качество материала или изготовления деталей, недостаточная конструктивная прочность, нарушение требований эксплуатации и т.д.

С точки зрения неразрушающего контроля деталей и изделий из металлических материалов все виды несовершенства в металлах вне зависимости от природы их образования (нарушение в металлургии, технологии, эксплуатации) целесообразно рассмотреть с позиции: дефект есть или дефект отсутствует. Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией. Дефект может существовать на каждом этапе жизненного цикла изделий.

Существующие средства неразрушающего контроля предназначены для выявления дефектов типа нарушения сплошности материала изделий; оценки структуры материала изделий; контроля геометрических параметров изделий; оценки физико-химических свойств материала изделий. Неразрушающий контроль основан на получении информации о качестве проверяемых материалов и изделий при взаимодействии их с веществами или физическими полями в виде электрических световых, звуковых или иных сигналов. Современные методы неразрушающего контроля в соответствии с ГОСТ 18353-79 подразделяются на девять основных видов: радиационный, акустический,

магнитный, вихретоковый, электрический, радиоволновой, тепловой, оптический, а также проникающими веществами (молекулярный).

Методы каждого вида неразрушающего контроля классифицируют по характеру взаимодействия физических полей или веществ с контролируемым объектом, первичным информативным признакам и способам получения первичной информации. В современных условиях при большом разнообразии методов и приборов необходим тщательный анализ для выбора наиболее эффективного и экономичного метода неразрушающего контроля. Принцип выбора методов неразрушающего контроля материалов и изделий основывается на их классификационных признаках. Основными признаками являются: характер взаимодействия физических полей или веществ с контролируемым объектом, первичная информационная характеристика, индикация первичной информации, окончательная информация. Каждый метод имеет свою область наиболее эффективного применения.

Для выбора методов или комплекса методов неразрушающего контроля должны быть определены вид дефектов, подлежащих выявлению, объекты (зоны) контроля, их характеристики и условия контроля, а также должны быть заданы критерии на отбраковку. По этим данным определяют возможные методы, позволяющие решить поставленную задачу. Затем, принимая во внимание критерии на отбраковку, чувствительность и специфику методов, выбирают методы и средства неразрушающего контроля для применения. При равной чувствительности предпочтение отдается тому методу, который проще и доступнее в конкретных условиях применения, у которого выше достоверность



результатов контроля и производительность.

На практике в некоторых случаях могут встретиться задачи, для решения которых применение того или иного широко распространенного метода может оказаться недостаточно эффективным.

При выборе метода или комплекса методов для дефектоскопического контроля подъемных сооружений необходимо учитывать, кроме специфических особенностей и технических возможностей каждого метода, следующие основные факторы: характер (вид) дефекта и его расположение, условия работы деталей и ТУ на отбраковку, материал детали, состояние и чистоту обработки поверхности, форму и размер детали, зоны контроля, доступность детали и зоны контроля, условия контроля.

Характер (вид) подлежащих выявлению дефектов – важный фактор при выборе метода неразрушающего контроля. Место расположения возможных дефектов на детали. Дефекты подразделяют на поверхностные, подповерхностные (залегающие на небольшой глубине – до 0,5-1 мм) и внутренние (залегающие на глубине более 1 мм). Для выявления поверхностных дефектов применимы все методы, но в ряде случаев наиболее эффективны из них магнитопорошковый и капиллярные. Для обнаружения подповерхностных дефектов эффективны ультразвуковой, токовыхревой, магнитопорошковый, а внутренних – только ультразвуковой и методы просвечивания ионизирующими излучениями.

Условия работы конструкций подъемных сооружений существенно влияют на возникновение дефектов в процессе эксплуатации: характер внешних нагрузок (статические, динамические, вибрационные), возможные перегрузки, внешняя среда, в

которой работает подъемное сооружение, возможность эрозионно-коррозионного поражения, температурные условия и др. Многие ответственные конструкции подъемных сооружений испытывают значительные знакопеременные нагрузки, работают в агрессивной среде, при высоких температурах и в запыленном воздухе (при работе, например, двигателей на земле). Ряд конструкций подвергается эрозионно-коррозионному воздействию. Любые конструктивные или производственные дефекты могут явиться очагами усталостного разрушения, особенно при работе конструкций в условиях сложного напряженного состояния или воздействия агрессивных сред, ускоряющих разрушение.

Учет условий работы технических устройств позволяет определить критические места конструкции и обратить на эти места особое внимание при выборе метода и проведении контроля. Технические условия на отбраковку определяют количественные критерии ее и играют важную роль при выборе методов, обеспечивающих выявление только опасных дефектов.

Например, для выявления трещин в сварных соединениях металлоконструкций подъемных сооружений, в местах перехода от наплавленного металла к основному наклонный совмещенный пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП) перемещают параллельно шву на дистанции, обеспечивающей прозвучивание места перехода. Одновременно ПЭП придают возвратно-поступательное движение перпендикулярно оси шва. ПЭП перемещают перпендикулярно оси шва на расстоянии 5 мм в обе стороны относительно положения, определяемого дистанцией. При сканировании сварных соединений коробчатых конструкций, имеющих скрытые полости, в зону



контроля попадает внутренняя поверхность. Как известно внутренняя поверхность коробчатых конструкций, имеющих скрытые полости, наиболее подвержена коррозионным поражениям, которые могут быть зафиксированы как недопустимый дефект (по амплитуде эхо-сигнала превышающего стандартный уровень на браковочной чувствительности). По этому для контроля коробчатых конструкций используется ультразвуковая толщинометрия, с целью оценки фактического значения толщины стенок элементов металлических конструкций способом однократных измерений в местах, недоступных для измерения толщины механическим измерительным инструментом.

Комплексный подход к управлению качеством неразрушающего

контроля предусматривает, с одной стороны, учет влияния всех компонентов разработки и технологической цепочки, а с другой – управление функциональным качеством контроля. Как видно, система качества контроля должна воздействовать на большое число факторов на всех этапах процесса, от планирования до использования результатов контроля. В свою очередь, качество планирования контроля зависит от многих факторов, связанных с уровнем маркетингового мониторинга, политики организации в области качества, установленных требований к продукту, процессу и их качества. Качество обеспечения контроля определяется, тем каковы персонал, оборудование, информационная система организации, ее метрологическое обеспечение.

Литература

1. РД РОСЭК-001-96 «Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Контроль ультразвуковой. Основные положения».
2. РД РОСЭК-006-97 «Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. Толщинометрия ультразвуковая. Основные положения».
3. ГОСТ 18353 – 79 Классификация акустических методов контроля.



ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

УДК 62

Рогожев И.В.
Малкин В.А.
Евсеев В.А.
Полыгалов А.Н.
Барминова О.М.

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

17.11.2015

Одним из обязательных требований к техническим устройствам, применяемым на опасном производственном объекте, Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ, принятым Государственной Думой 20 июня 1997 г., является проведение экспертизы промышленной безопасности. Техническое устройство по истечении срока службы или при превышении количества циклов нагрузки такого технического устройства, установленных его производителем, подлежит экспертизе промышленной безопасности.

Одним из критериев при проведении экспертизы и продлении срока эксплуатации технического устройства является остаточный ресурс.

Остаточный ресурс технического устройства – это минимальный дополнительный календарный срок службы технического устройства, назначаемый по результатам выполнения оценки остаточного ресурса, включающего комплекс экспертных, и при необходимости, экспериментальных и расчетных работ, результатом которого является назначение (с заранее принятой вероятностью – 90 %) минимального дополнительного календарного срока службы, по истечению которого техническое устройство гарантированно не достигнет одного из своих предельных состояний.

В качестве критериев предельного состояния металлических конструкций технического устройства принимают возникновение (и развитие до недопустимых пределов) усталостных и других трещин, развитие недопустимых по величине остаточных деформаций, потерю устойчивости, недопустимое уменьшение сечений элементов, вследствие их коррозии или износа всех видов, а также (наступающее со временем) изменение свойств материала.

Величину остаточного ресурса конструкции оценивают, сопоставляя фактические показатели несущей способности конструкции (сопротивление усталости, остаточные деформации и др.) с критериями, соответствующими указанным предельным состоянием.

Предельные величины допустимых дефектов и повреждений принимают в соответствии с требованиями «Руководств (инструкций) по эксплуатации технического устройства».

При назначении календарного остаточного ресурса следует учитывать конструктивные особенности технического устройства, а также статистические данные заводоизготовителей и сведения из информационных писем Госгортехнадзора, заводоизготовителей о часто встречающихся дефектах и



повреждениях в процессе эксплуатации касающихся технических устройств данной конструкции. Оценка величины остаточного ресурса расчетным или экспериментально – расчетным методами может выполняться только в тех случаях, когда на основании документально подтвержденной информации могут быть определены показатели нагруженности расчетных элементов конструкции (с учетом динамических, технологических, ветровых и др. нагрузок) за период с начала эксплуатации технического устройства до момента проведения определения остаточного ресурса.

При наличии на техническом устройстве регистратора или другого устройства, позволяющего записывать параметрические данные, следует использовать данные о нагруженности технического устройства, записанные указанными приборами, как наиболее объективные.

Правила проведения экспертизы промышленной безопасности, утвержденные приказом Ростехнадзора № 538 от 14.11.2013 г. предусматривают, что по результатам экспертизы технического устройства, зданий и сооружений опасных производственных объектов в заключении экспертизы дополнительно производятся расчетные и аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния объекта экспертизы, включающие определение остаточного ресурса (срока службы) с отражением в выводах

заключения экспертизы установленного срока дальнейшей безопасной эксплуатации объекта экспертизы, с указанием условий дальнейшей безопасной эксплуатации.

Практика и рынок промышленной экспертизы высветили отсутствие в отношении значительного числа объектов экспертизы, имеющих отраслевую специфику, правил и методик расчета остаточного ресурса технического устройства при проведении экспертизы опасных производственных объектов. Принятие Правил проведения экспертизы промышленной безопасности и изменений в Правила от 03.07.2015 г. не в полной мере разрешило проблемы, мешающие нормальному развитию сферы экспертизы промышленной безопасности. Это, прежде всего, пробелы в нормативно-методической базе экспертизы, в том числе отсутствие регламента по проведению расчета остаточного ресурса технических устройств.

Все это требует более активно использовать в деятельности Ростехнадзора опыта совместной работы Общественного и Научно-технического Советов Ростехнадзора, широкого круга экспертов и управлений центрального аппарата Ростехнадзора. Накопленный опыт в процессе разработки, согласования и утверждения нормативных правовых актов необходимо как можно быстрее претворять в жизнь.

Литература

1. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, утвержденные приказом Ростехнадзора от 12.11.2013 г. № 533.
2. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности, утвержденные Приказом Ростехнадзора № 538 от 14.11.2013 г. и изменения в Правила проведения экспертизы промышленной безопасности, утвержденные Приказом Ростехнадзора № 266 от 03.07.2015 г.



РЕМОНТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВАРКИ

УДК 67

Рогожев И.В.

Малкин В.А.

Евсеев В.А.

Польгалов А.Н.

Барминова О.М.

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

17.11.2015

В соответствии со статьей 77 ФНП «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» «для подъемных сооружений, изготовленных из высокопрочных сталей (с пределом текучести 700 МПа и выше), ремонт элементов металлических конструкций с применением сварки должен выполняться только в закрытых помещениях; специализированным организациям, не аттестованным на выполнение сварки высокопрочных сталей, выполнение указанных работ запрещается».

ООО «Учебно-технический центр» на протяжении нескольких лет является официальным региональным сервисным центром по ремонту, гарантийному и постгарантийному обслуживанию грузоподъемных кранов производства ОАО «Автокран», ЗАО «Газпром-Кран», ОАО «Галичский автокрановый завод», ОАО «Челябинский механический завод», ОАО «Ульяновский механический завод № 2», ОАО «Клинцовский автокрановый завод», ОАО «Угличмаш», автогидроподъемников и кранов-манипуляторов производства ООО «Чайка-НН», ООО «ПМ Кран Рус» и UNIC.

С 2014 г. выше указанные заводы-изготовители подъемных сооружений перешли на изготовление элементов металлоконструкций, в частности стрел, из высокопрочных сталей (с пределом текучести 700 МПа и выше).

Эти стали позволяют увеличивать полезную нагрузку, производительность и эффективность подъемных и транспортных средств за счет облегчения стальных конструкций, что означает улучшение несущей способности машин и механизмов.

Сегодня на отечественном рынке существуют ремонтные организации, выполняющие ремонт металлоконструкций подъемных сооружений с применением сварки на протяжении многих лет, производят ремонт металлоконструкций, в частности стрел подъемных сооружений, изготовленных из металла 09Г2С или 10ХСНД.

Предъявляемые требования к разработкам технического решения и технологии ремонта, обоснования и выборке режимов сварки и термообработки (при необходимости) при производстве сварочных работ с высокопрочными сталями – одни, а со сталями марки 09Г2С, 10ХСНД – другие. При производстве сварочных работ с высокопрочными сталями типа



WELDOX, HARDOX, S355 требуется специальное сварочное оборудование и материалы, программное обеспечение подбора режима сварки, предварительный нагрев металла, а в отношении сталей марки 09Г2С, 10ХСНД эти требования не предъявляются.

Существовала хорошая практика Госгортехнадзора и заводоизготовителей подъемных сооружений – направлять информационные письма в территориальное управление Госгортехнадзора или владельцам подъемных сооружений об изменениях, усилении отдельных узлов и механизмов конструкций подъемных сооружений.

Предлагались технологии ремонта или рекомендации по усилению металлоконструкций.

За последние 10 лет эта практика отошла на второй план. Обязательная государственная проверка органов Госгортехнадзора предприятий и предпринимателей, эксплуатирующих опасные производственные объекты, отнесенных к 4 классу опасности, и вовсе отменена. Уже имели место случаи, когда при проведении ремонтных работ с

применением сварки высокопрочных сталей, в частности элементов секции стрелы подъемных сооружений, была применена технология ремонта для сталей 09Г2С и 10ХСНД. В процессе производства работ, после проведения указанного ремонта, произошло разрушение секции стрелы подъемного сооружения в околошовной зоне сварочного шва, по чистой случайности этот инцидент не привел к гибели людей. Чтобы понять серьезность ситуации, нелишне напомнить, что в соответствии с Федеральным законом о промышленной безопасности опасных производственных объектов от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ подъемные сооружения отнесены к 4 классу опасности и плановым проверкам по линии Госгортехнадзора они не подлежат, тем самым на практике ремонт металлоконструкций подъемных сооружений наряду с добросовестными организациями, прошедшие аттестацию, занимаются мягко говоря и не компетентные. А это предпосылки, которые приведут к новым инцидентам и авариям.

Литература

1. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, утвержденные приказом Ростехнадзора от 12.11.2013 г. № 533.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ.
3. Инструкция по надзору за изготовлением, ремонтом и монтажом подъемных сооружений: РД 10-08-92 (с изменением № 1 РДН 10-175(08)-98), утвержденные Постановлением Госгортехнадзора от 20.08.1999 г. № 23, от 09.01.1998 г. № 1.

ВЫСОКОПРОЧНЫЕ СТАЛИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ШИРОКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКИ И РЕЗКИ

УДК 67

Рогожев И.В.

Малкин В.А.

Евсеев В.А.

Полыгалов А.Н.

Барминова О.М.

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Учебно-технический центр»

Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

17.11.2015

Стали типа Ruukki Optim 700 mc Plus широко применяется в машиностроении и выводит на новый уровень использования высокопрочных сталей (в маркировке сталей знак «м» означает термомеханическую прокатку, знак «с» - сталь пригодную для холодной обработки в соответствии с технологией. 700 – прочность не менее 700 МПа).

Данная марка стали сочетает в себе отличную гибкость в холодном состоянии, ударную вязкость, значение которой заметно превосходит требования стандарта. Малый радиусгиба предоставляет большие возможности для усовершенствования металлоконструкции подъемного сооружения и многие компоненты могут быть изготовлены посредством гибки, а не сварки. Наиболее ощутимые преимущества будут заметны при производстве телескопических стрел. Эта сталь соответствует стандарту EN1049-2. Результаты гибки стали зависят от ряда факторов, которые делятся на три категории: лист, инструмент и методика.

Перед гибкой необходимо зачистить лист от поверхностных дефектов. Кромки щели гибочной матрицы должны иметь твердость не менее твердости сгибаемого листа. Угол щели матрицы должен обеспечивать возможность спружинивания листа. Если лист сгибается под углом 90° , угол

расвора щели матрицы не должен превышать 70° . При гибке высокопрочных сталей необходимо учитывать изгибающее усилие и спружинивание листа. С увеличением толщины листа, необходимо увеличивать радиус пуансона и увеличивать ширину щели матрицы.

Инструмент: 1) радиус пуансона зависит от марки стали и толщины листа (см. таблицу 1);

2) Методика гибки – 2.1.) Трение – кромки матрицы должны быть чистыми и не иметь повреждений. Требуемое изгибающее усилие и опасность растрескивания можно снизить путем использования круглых стержней, свободно вращающихся в проточках кромок или смазывания кромок матрицы

3) Угол сгиба – приведен в таблице 1 и относится к гибки под углом 90° . Следует иметь в виду, что угол сгиба имеет меньшее влияние на требуемое усилие и спружинивание чем ширина щели матрицы и марки стали. Спружинивание может быть скомпенсировано перегибом на соответствие угла Таблица 1 – Минимальный рекомендованный радиус пуансона (R) и ширина щели матрицы (W) для листов толщиной (t) при гибке листа под углом 90° по направлению, перпендикулярному направлению

прокатки, а также соответствующие значения угла спружинивания.

Табл. 1. Минимальный рекомендованный радиус пуансона (R) и ширина щели матрицы (W) для листов толщиной (t).

Наименование	Толщина, мм	Поперек R/t	Вдоль R/t	Поперек W/t	Вдоль W/t	Спружинивание, град
S355		2,5	3,0	7,5	8,5	3-5
WELDOX 700	t<8	1,5	2,0	7,0	8,5	6-10
	8≤t<20	2,0	3,0	7,0	8,5	
	t 20	3,0	4,0	8,0	10,0	
WELDOX 900/960	t<8	2,5	3,0	8,5	10,0	8-12
	8≤t<20	3,0	4,0	8,5	10,0	
	t 20	4,0	5,0	10,0	12,0	
HARDOX 400	t<8	2,5	3,0	8,5	10,0	9-13
	8≤t<20	3,0	4,0	10,0	10,0	
	t 20	4,5	5,0	12,0	12,0	

Изгибающее усилие: Требуемое изгибающее усилие рассчитывается по формуле

$$P = \frac{1,6 \times b \times t^2 \times R_m}{10000 \times W}$$

Например: Изготовить кронштейн длиной l=2000 мм – необходимо согнуть лист. Возможны два варианта:

1) использование 10 мм листа стали EN 10025-S355 с типичным значением прочности на растяжение 550 Н/мм²;

2) использование 7 мм листа Optima-700MC с $G_{вр}=860$ Н/мм². В обоих случаях используется матрица с щелью 100 мм.

В первом случае

$$P = \frac{1,6 \times 2000 \times 10,0^2 \times 550}{10000 \times 100} = 176m$$

В случае Optima 700

$$P = \frac{1,6 \times 2000 \times 7,0^2 \times 860}{10000 \times 100} = 134,8m$$

Из данного пример видно что, при большей толщине листа возрастает усилие гибки. Поэтому при гибке листа стали Optima 700 толщиной меньшей усилие меньше при тех же прочностных характеристиках.

Резка механическими ножницами.

Высокопрочные стали можно резать ножницами. Чем выше прочность на растяжение тем выше усилие. С увеличением прочности выше износ инструмента.

Лезвия. Лезвия должны быть твердыми и острыми со слегка скругленными кромками.

Зазор, Δ. Зазор является более важным параметром для достижения лучшего результата. Чем больше прочность на растяжение (см. таблицу 2), тем больше должен быть зазор между неподвижным и движущимся лезвиями. Неправильный зазор приведет к образованию дефектов на поверхностях разреза, что может привести к растрескиванию при последующей сварке или гибке листа.

Передний угол ножниц, λ. Чем больше передний угол тем меньше требуемое режущее усилие, но с увеличением переднего угла возрастает вероятность проскальзывания листа вбок и деформации (скручивания) отрезаемого листа. Однако, при резке высокопрочных листов передний угол следует увеличивать (см. рис. 1 и табл. 2).

Режущее усилие P. При неизменном переднем угле режущее усилие линейно возрастает с прочностью листа (рис. 2 и табл. 3).

Табл. 2. Установки зазора и переднего угла для листов разной толщины.

	Зазор, Δ , как % от t	Передний угол ножниц, λ , град
S 355	8-10	1-5
WELDOX 700	12-15	3-5

Табл. 3. Типичные физические свойства.

	Прочность на растяжение R_m (Н/мм ²)	Относительное удлинение (%)	Твердость (НВW)
S355	550	28	~ 180
WELDOX 700	860	17	~ 260

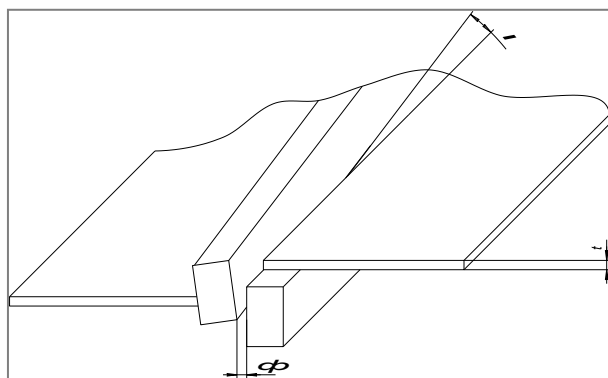


Рис. 1. Резка механическими ножницами.

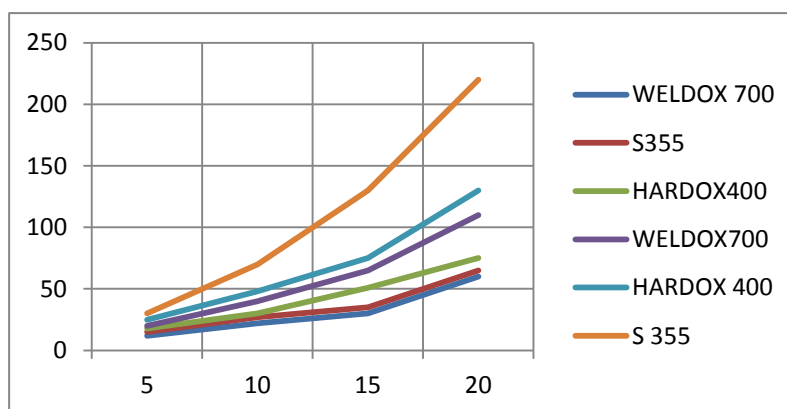


Рис. 2. Режущее усилие в зависимости от толщины и переднего угла λ .

Литература

1. Металловедение: Учеб. Пособие/ Гуляев А.П. - М.: Металлургия, 1977.
2. Марочник сталей и сплавов: 2-е изд., доп. и испр. / Зубченко А.С., Колосков М.М., Каширский Ю.В. и др. Под общей ред. Зубченко А.С. - М.: Машиностроение, 2003.
3. Технология конструкционных материалов: Уч. Пособие/Пожидаева С.П. Бирск. Госуд. Пед. Ин-т, 2002.



4. Технология конструкционных материалов: Уч. Пособие / Дольский А.М, Арутюнова И.А., Барсукова Т.М. и др.; Под ред. Дольского А.М.. - М.: Машиностроение, 2005. - 448с.



ОПЫТ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ НАЛИВНОЙ ЭСТАКАДЫ

УДК 69

Голощапова А.	Ведущий инженер отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Суров А.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Перепелко С.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Кузьмин П.	Эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Поляков Е.	эксперт отдела зданий и сооружений Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

17.11.2015

Аннотация. В 2012 году специалистами экспертной организации ООО «Промтехэкспертиза», филиал «Центральный» было проведено обследование железнодорожной наливной эстакады установки 19/5 цеха №1 ЗАО «РНПК», оценки технического состояния строительных конструкций, пригодности и условий дальнейшей безопасной эксплуатации, разработки рекомендаций по устранению дефектов и повреждений с целью определения возможности технического перевооружения объекта.

Ключевые слова: железнодорожные наливные эстакады, предпроектное обследование, техническое перевооружение.

Железнодорожная сливноналивная эстакада – это сооружение, расположенное возле специальных железнодорожных путей, оборудованное сливноналивными устройствами, для выполнения операций по сливу или наливу нефтепродуктов (бензин, дизельное топливо, нефть, масло, мазут), легковоспламеняющихся, горючих жидкостей или сжиженного газа в железнодорожные вагоны-цистерны. Такие сооружения должны обеспечивать одновременное обслуживание ж/д цистерн в зависимости от количество постов, фиксацию мостика в зависимости от его положения в пространстве, подъем мостика после ухода обслуживающего

персонала, размещение нефтеналивного оборудования. Основной технологической характеристикой таких эстакад является объем единовременной сливноналивной операции, осуществляемой пожаробезопасным способом. В связи с тем, что сливноналивные эстакады относятся к объектам с технологическими процессами повышенной пожарной опасности, строительные конструкции таких эстакад нуждаются в постоянном мониторинге на всех стадиях жизненного цикла сооружения: строительстве, техническом обслуживании и эксплуатации, капитальном ремонте, реконструкции, техническом

первооружении, изменении функционального назначения и других.

В 2012 году специалистам ООО «Промтехэкспертиза», филиал «Центральный» было поручено выполнить предпроектное обследование в рамках технического перевооружения железнодорожной наливной эстакады установки 19/5 цеха №1 ЗАО «РНПК».

Объект обследования состоит из железобетонной эстакады налива (постамент ёмкостей установки) и стальной эстакады налива жидких битумов в железнодорожные цистерны и бункера со смонтированными транспортировочными трубопроводами (см. рис. 1).

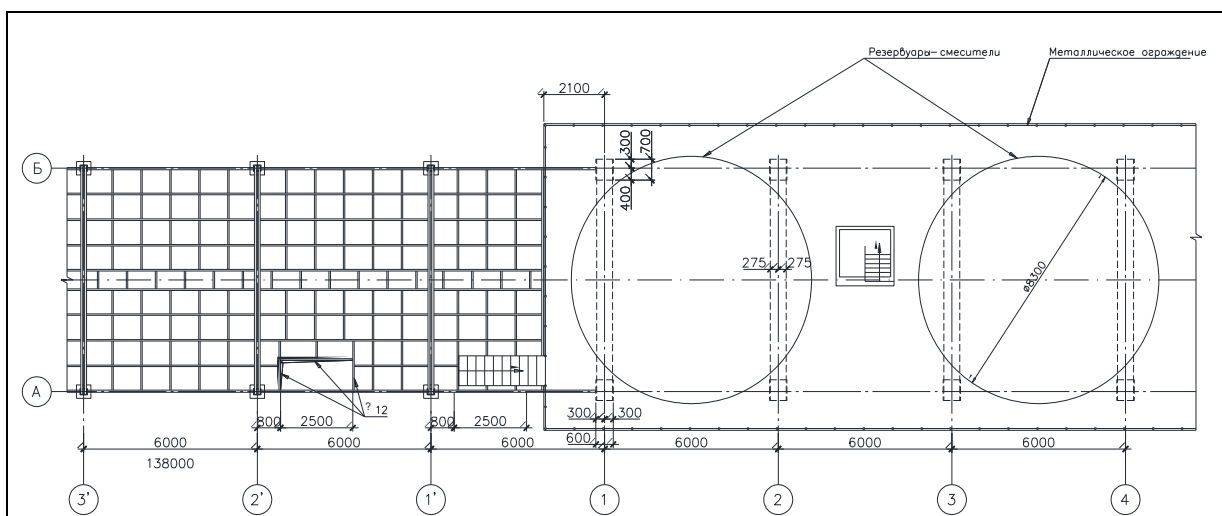


Рис. 1. Фрагмент плана железнодорожной эстакады.

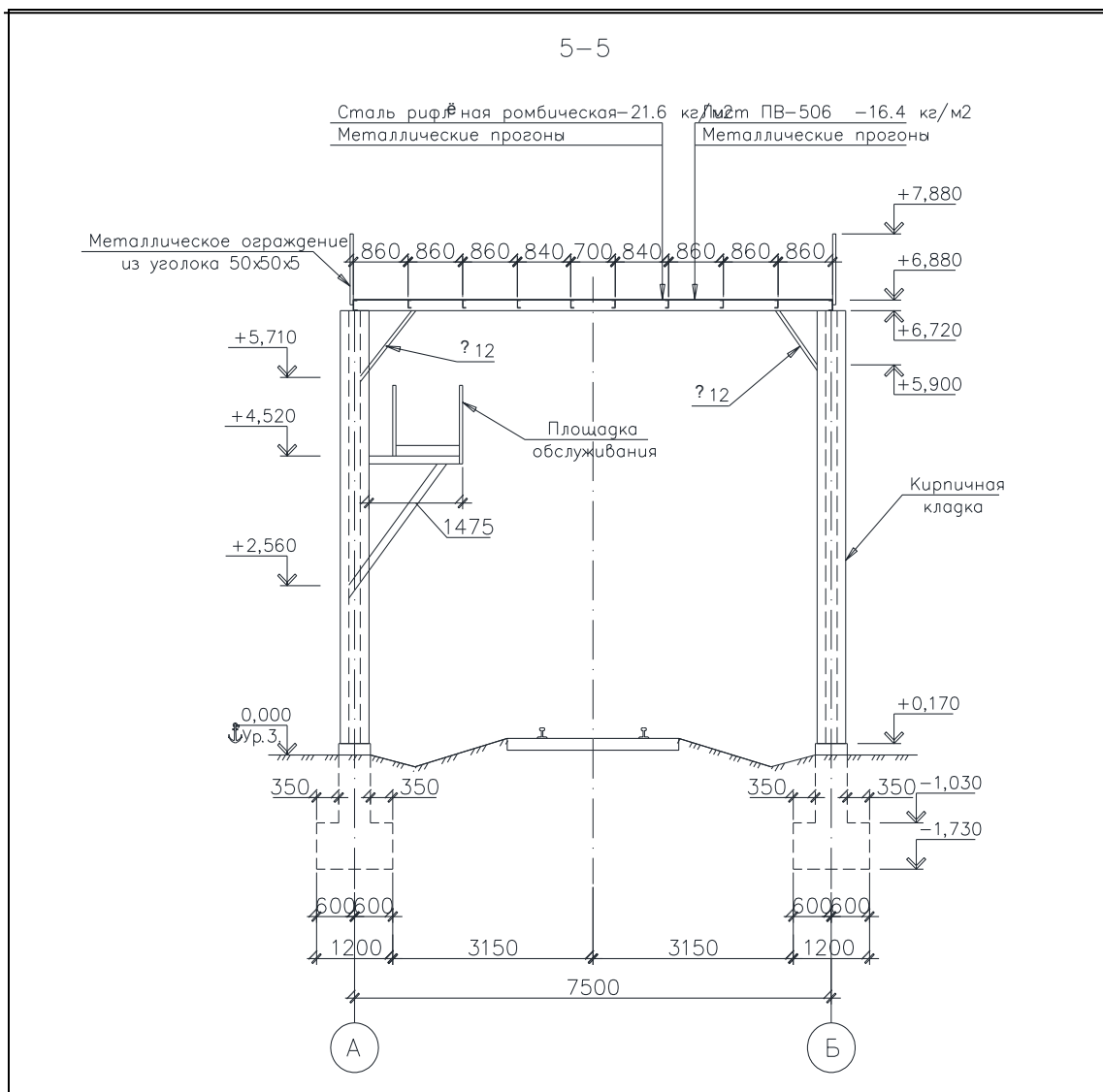


Рис. 2. Разрез стальной эстакады

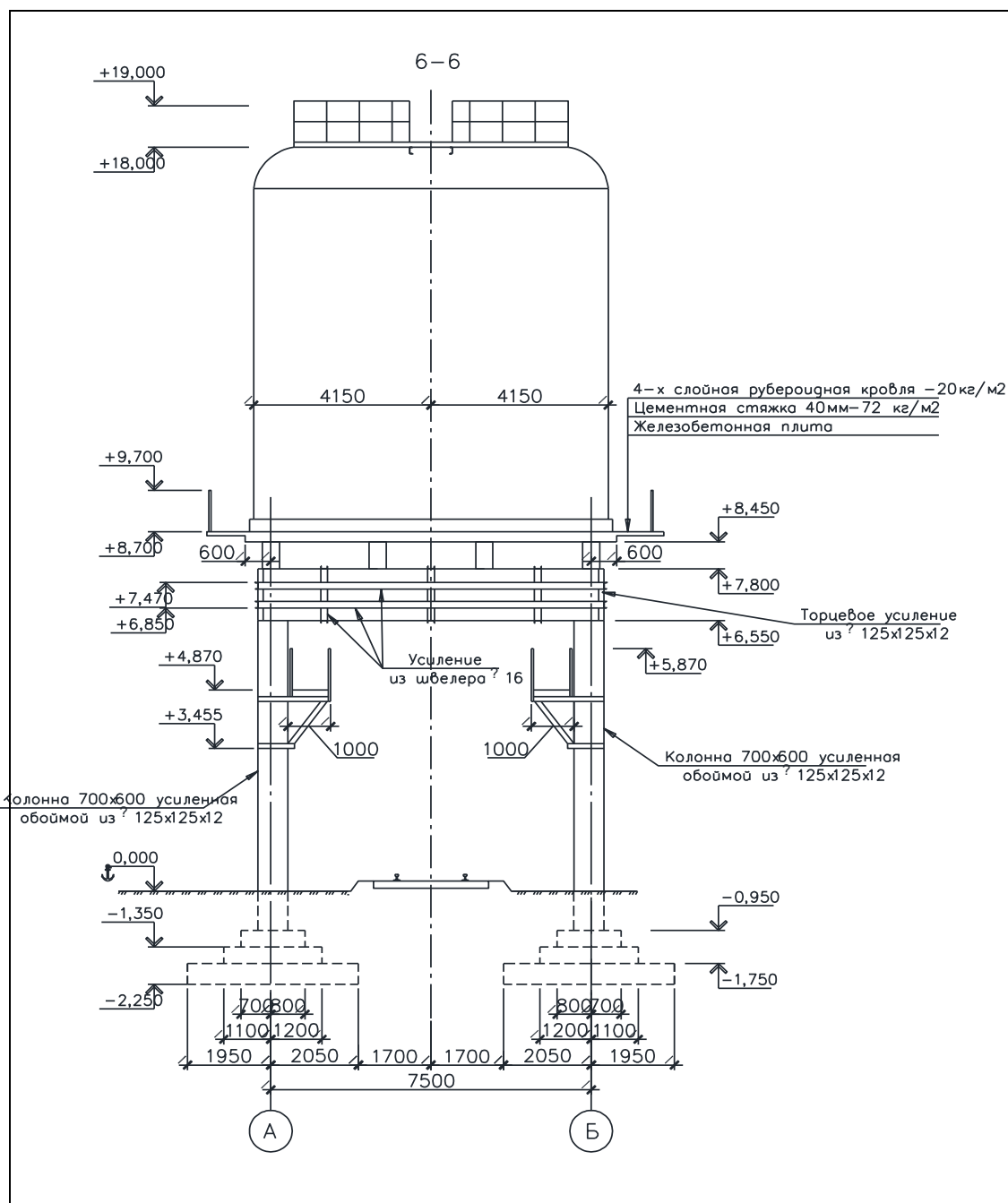


Рис. 3. Разрез железобетонной эстакады

Конструктивная схема железобетонной эстакады каркасная (см. рис. 3) и представлена поперечными рамами, состоящими из колонн, усиленных обоймой, и балок, вместе с монолитной плитой покрытия воспринимающих все действующие нагрузки. Фундаменты каркаса монолитные, железобетонные, стаканного типа со ступенчатой плитной

частью. Высота эстакады 8,7 м. На данном сооружении установлено 5 резервуаров смесителей диаметром 8,3 м и высотой 9,3 м, под которыми выполнено кирпичное основание.

Конструктивная схема стальной эстакады каркасная (см. рис. 2) и представлена металлическими поперечными рамами, состоящими из

стальных колонн в защитной облицовочной кирпичной кладке, ригелей и прогонов, воспринимающих все действующие нагрузки. Фундаменты аналогичны установленным под железобетонной эстакадой. Высота эстакады 6.88 м. По обе стороны от эстакады устроены бетонные лотки для сбора битума по уплотнённому подстилающему грунтовому основанию.

В ходе обследования были зафиксированы значительные повреждения конструкций железобетонной эстакады, такие как: разрушение защитного слоя бетона нижнего пояса ж/б ригеля на глубину до 40 мм с оголением и слоистой коррозией до 15% профиля рабочей арматуры на общей площади до 3 м² (рис.4.1); многочисленные разрушения защитного слоя бетона покрытия на глубину от 20 до 35 мм с оголением и слоистой коррозией до 10% профиля рабочей арматуры на общей площади до 5 м²; наличие следов сажи и копоти на внутренней поверхности плиты покрытия на общей площади от 10 до 20 м² (рис.4.3); наличие высолов и следов течей на поверхности плиты покрытия на общей площади от 15 до 150 м²; множественные локальные разрушения бетона в козырьке по периметру плиты покрытия на общей площади до 20 м² (рис.4.2); трещина в продольном ребре плиты покрытия с шириной раскрытия от 0.1 мм до 3 мм общей длиной до 900 мм (рис.4.3); неровности, выступы и углубления в бетоне монолитной плиты покрытия (рис.4.3); продольная трещина в монолитной плите покрытия с шириной раскрытия от 1 мм до 7 мм общей длиной до 1600 мм (рис.4.4); низкое качество кровельного покрытия, наличие локальных участков с повреждениями кровли, негерметичная заделка швов; наличие на кровли участков со

скоплениями воды и строительного мусора.

В процессе обследования было установлено, что строительные конструкции стальной эстакады также имеют значительные повреждения: многочисленные вертикальные трещины в защитной облицовочной кирпичной кладке (вокруг стальных колонн) с шириной раскрытия от 0.1 мм до 2.5 мм (рис.5.1); повсеместные сколы кирпича на гранях в основании защитной кладки до 45 мм; до 70% стальных прогонов (рис.5.2) и ригелей (рис.5.3.) балочного настила имеют предельно-допустимый прогиб от 35 до 75 мм; 90% стальных элементов балочного настила покрыты сплошной слоистой коррозией от 1% до 20% толщины сечения профиля. Лотки для сбора битума имеют локальные разрушения и трещины, скопление ливневых вод и мусора (рис.5.4).

Судя по характеру повреждений, основными причинами, снижающими работоспособность строительных конструкций железнодорожной эстакады, являются: температурно-влажностное воздействие окружающей среды, технологические и эксплуатационные нагрузки, отсутствие периодического обслуживания, ударные нагрузки, не предусмотренные проектом, повреждение кровельного покрытия, дефекты СМР.

В связи с тем, что ригели железобетонной эстакады находятся в ограниченно- работоспособном состоянии, а ригели и прогоны балочного настила стальной эстакады – в аварийном состоянии, необходимо выполнить проверочный расчет несущей способности элементов поперечных рам данных эстакад на фактические и прогнозируемые нагрузки. Расчёт рам осуществлен с помощью проектно-вычислительного комплекса SCAD методом конечных элементов (рис. 6, 7).



Рис.4.1.

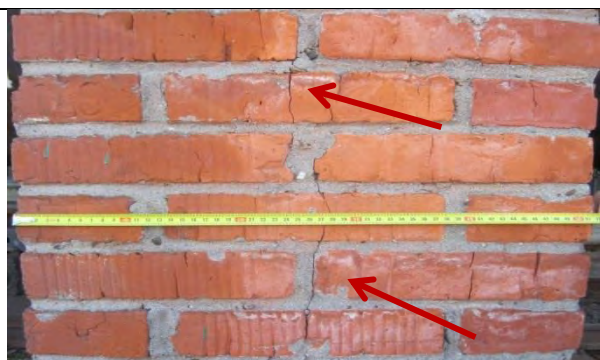


Рис.5.1.



Рис.4.2.



Рис.5.2.

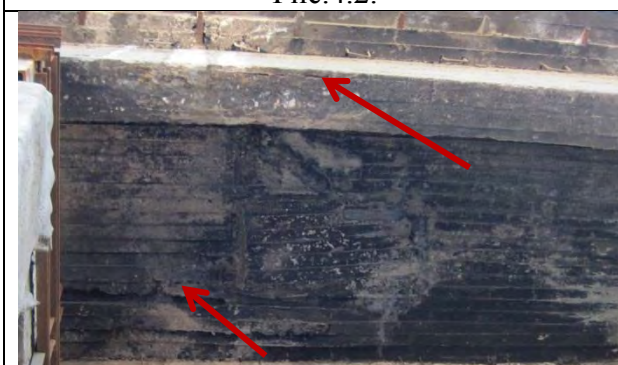


Рис.4.3.



Рис.5.3.



Рис.4.4.

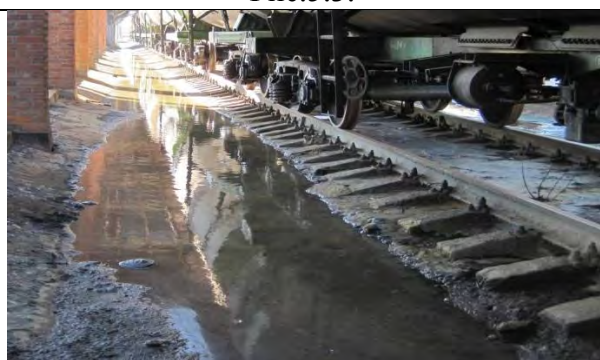


Рис.5.4.

Рис. 4. Дефекты железобетонной эстакады.

Рис. 5. Дефекты стальной эстакады.

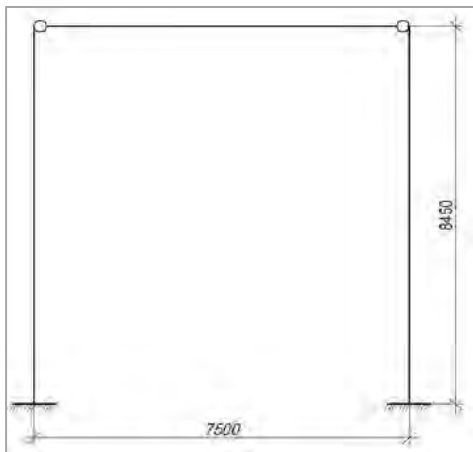


Рис. 6. Расчетная схема поперечной рамы ж/б эстакады.

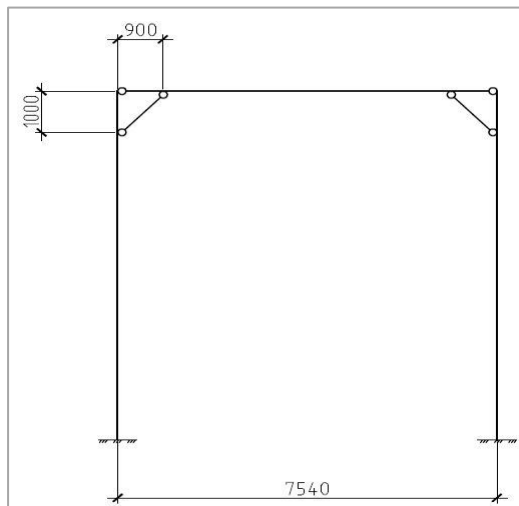


Рис. 7. Расчетная схема поперечной стальной эстакады.

При сборе нагрузок на поперечную раму железобетонной эстакады, учитывались:

- постоянные нагрузки (собственный вес колонны с усилением, ригеля с усилением из швеллера №16У, вес ж/б плит толщиной 150 мм и 250 мм, вес опорных ребер ж/б плит, вес вентиляционных шахт с резервуаром, вес ёмкости наполненной битумом, цементно-песчаной стяжки, четырехслойной рулонной кровли, вес ограждения, площадок обслуживания, лестницы и трубопроводов с изоляцией и транспортируемым продуктом);

- временные длительные (снеговая и полезная по ж/б перекрытию и на площадках обслуживания);
- кратковременная (ветровая).

При поверочном расчёте железобетонного ригеля были учтены нарушения защитного слоя бетона на глубину до 40 мм, коррозия рабочей арматуры и работа обоймы усиления из швеллера №16. При поверочном расчёте железобетонной колонны также были учтены нарушения защитного слоя бетона на глубину до 40 мм и коррозия рабочей арматуры.

Согласно проведённому статическому расчёту, по первой группе предельных состояний ригель и колонна поперечной рамы железобетонной эстакады находятся в рабочем состоянии, коэффициенты использования сечения для ригеля и колонны находятся в интервале допустимых значений и составляют 0,961 и 0,718 соответственно.

При сборе нагрузок на поперечную раму стальной эстакады, учитывались:

- постоянные нагрузки (вес настила, ограждения, площадки обслуживания, лестницы для подъёма на эстакаду, огнезащиты из керамического кирпича, трубопроводов с изоляцией и транспортируемым продуктом, собственный вес металлических конструкций учтён расчётной программой);
- временные длительные (снеговая и полезная по настилу и на площадке обслуживания);
- кратковременная (ветровая).

Согласно проведённому статическому расчёту по первой группе предельных состояний, ригель поперечной рамы стальной эстакады находится на пределе своей несущей способности, коэффициент использования сечения для данных ригелей составляет 1.138, что



является прямым показателем их перенапряжения.

В результате проверочного расчёта по первой группе предельных состояний - второстепенные балки (прогоны) стальной эстакады находятся на пределе своей несущей способности, коэффициент использования сечения для данных балок (прогонов) составляет 1.053. Согласно статическому расчёту, по второй группе предельных состояний, второстепенные балки (прогоны) имеют предельный прогиб - 59 мм, при допустимом 30 мм. Вышеперечисленные результаты расчётов являются прямым показателем перенапряжения стальных прогонов.

Для обеспечения дальнейшей безопасной эксплуатации железнодорожной эстакады необходимо: произвести ремонт и усилить ригели и прогоны балочного настила; все имеющиеся трещины, места разрушения бетона (плит, ригелей), поврежденные участки кладки очистить от грязи, пыли, продуктов коррозии, старой краски, ржавчины, следов сажи и копоти, течей и высолов, промыть, обезжирить, огрунтовать и восстановить специализированным составом;

восстановить повреждённые участки монолитного покрытия с помощью технологии торкретирования; выполнить ремонт лотков и периодически удалять с них ливневые воды и мусор, выполнить замену кровли с необходимым уклоном и организованным отводом дождевых вод. Согласно технологического регламента производства на установленных параметрах, дальнейшая безопасная эксплуатация железнодорожной наливной эстакады возможна при условии выполнения всех необходимых рекомендаций и корректирующих мероприятий.

В заключении важно отметить, что выполненное предпроектное обследование железнодорожной наливной эстакады является первым этапом на пути технического перевооружения данного объекта. Результатом такого обследования стало определение возможности использования основных строительных конструкций эстакады, принятие решение об их усилении или замене, то есть подготовка исходных данных для последующего проектирования в целях технического перевооружения.

Литература

1. ГОСТ 31937-2011. «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
2. СНиП 2.11.03-93. «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы».
3. РД 09-250-98. «Положение о порядке безопасного проведения ремонтных работ на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих опасных производственных объектах».
4. Рекомендации «Сливоналивные эстакады для легковоспламеняющихся, горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов. Требования пожарной безопасности».
5. ВУП СНЭ 87. «Ведомственные указания по проектированию железнодорожных сливно-наливных эстакад легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и сжиженных углеводородных газов».



УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОВАЛЬНОСТИ ТРУБ БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

УДК 621.644

Бельшев В.Н.	Технический директор ООО «Протос Экспертиза»
Тукачев А.В.	Главный инженер ООО «Протос Экспертиза»
Титов А.А.	Начальник отдела экспертиз технических устройств ООО «Протос Экспертиза»
Ефремова А.В.	Начальник отдела разработки и экспертизы документации ООО «Протос Экспертиза»

19.11.2015

В процессе строительства магистральных нефтегазопроводов и дальнейшей эксплуатации трубы и детали (гнутые колена, тройники) проходят визуальный и измерительный контроль. Первый контроль проводят на

стадии входного контроля полуфабрикатов.

Входной контроль включает в себя измерение следующих параметров, представленных в таблице 1.

Табл. 1. Объем входного контроля.

Контролируемый параметр	Вид контроля	Требования к контролю
1. Наружный диаметр (D_n), внутренний диаметр (D_v)	Измерительный	Измерение D_n и D_v с обоих концов трубы. Измерение D_v производится при поставке труб по внутреннему диаметру.
2. Толщина листа, стенки трубы (S_n)	То же	Измерение S_n с обоих концов трубы не менее чем в двух сечениях. Измерение S_n листа не менее чем в двух сечениях (по длине, ширине) с каждой стороны листа.
3. Овальность трубы (а)	То же	Измерение размера "а" с обоих концов трубы.
4. Кривизна трубы (б)	То же	Измерение кривизны на участке 1 м в двух сечениях по длине.
5. Длина трубы, листа (L)	То же	Измерение не менее 3 труб (листов) из партии.
6. Трещины, плены, рванины, закаты, раковины, расслоения	Визуальный	Осмотр наружной поверхности невооруженным глазом; осмотр внутренней поверхности труб невооруженным глазом (при наличии доступа) и с помощью перископа, эндоскопа и пр. Разрешается вырезка контрольных образцов длиной 200 мм в количестве не менее 2 шт. и их осмотр после разрезки.

Измерительный контроль гнутых колен труб предусматривает проверку:

- отклонения от круглой формы (овальность) в любом сечении гнутых труб (колен);
- толщины стенки в растянутой части гнутого участка трубы;
- радиуса гнутого участка трубы (колена);
- высоты волнистости (гофры) на внутреннем обводе гнутой трубы (колена);
- неровностей (плавных) на внешнем обводе (в случаях, установленных НД);
- предельных отклонений габаритных размеров.

В период эксплуатации, техническом диагностировании (освидетельствовании) при измерительном контроле состояния материала и сварных соединений определяют:

- размеры механических повреждений материала и сварных соединений;
- размеры деформированных участков материала и сварных соединений, в т.ч. длину, ширину и глубину вмятин, выпучин, отдулин;
- овальность цилиндрических элементов, в том числе гибов труб;
- прямолинейность (прогиб) образующей конструкции (элемента);
- фактическую толщину стенки материала (при возможности проведения прямых измерений);
- глубину коррозионных язв и размеры зон коррозионного повреждения, включая их глубину.

Таким образом, одним из обязательных контролируемых параметров при визуальном контроле цилиндрических элементов (труб, отводов, тройников) на протяжении всего цикла существования нефтегазопровода является овальность.

Анализ устройств для измерения овальности.

Овальность – дефект геометрии, отклонение формы, при котором поперечное сечение круглого проката имеет овалообразную форму [2].

Овальность определяют путем замеров диаметра трубы и определением max и min значений. При маленьких диаметрах замеры проводят штангенциркулем. При больших диаметрах труб возрастают габариты штангенциркуля, что не всегда удобно для контроля и часто не применимо.

Также измерение овальности производят различного рода шаблонами. Их очень удобно использовать на маленьких диаметрах одного типоразмера. Когда дело приходится иметь с большими диаметрами и различным сортаментом труб, также как и в случае со штангенциркулем возрастают габаритные размеры шаблона и увеличивается их количество.

Для измерения овальности больших диаметров труб применяют в основном стационарные установки, основанные на различных методах регистрации отклонения от формы цилиндричности трубы (оптический, электрический, магнитный и т.д.).

Существует устройство фирмы Parker Research Corporation основанное на магнитном методе контроля (рис. 1).



Рис. 1. Устройство для измерения овальности основанное на магнитном методе.

Многие трубы и трубопроводы покрыты тонким защитным покрытием. В некоторых случаях покрытие может

помешать дать точную информацию о толщине покрытия вокруг трубы

Измерение с помощью кронциркуля может показать только среднее значение на данном диаметре, а не истинное расположение трубы под покрытием.

Процесс укладки труб подвергает металл механическому воздействию, что может привести к возникновению овальности. Если труба непокрыта, то овальность может быть измерена кронциркулем, но эта техника не

приемлема на покрытой трубе, где покрытие может изменяться по толщине или отрываться от поверхности трубы.

Устройство фирмы Parker Research Corporation применяют для определения расстояния между поверхностью покрытия и поверхностью трубы, толщины покрытия и определения овальности трубы.

Существует система измерения профиля сварных труб большого диаметра ScanVision BP (рис. 2).

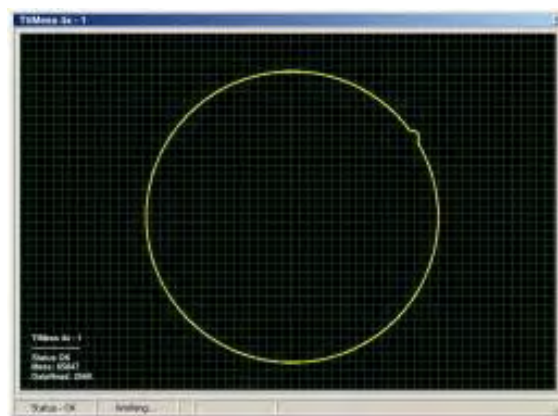
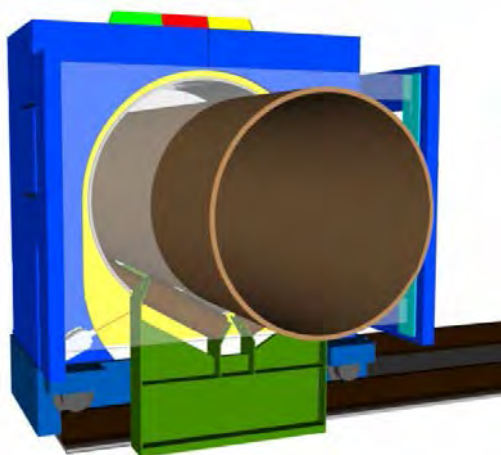


Рис. 2. Система измерения профиля сварных труб большого диаметра ScanVision BP основанная на оптико-электронных методах контроля.

Система предназначена для технологического и окончательного контроля геометрического профиля тела трубы и сварного шва.

Принцип действия основан на использовании оптико-электронных методов контроля. Измерение геометрических параметров профиля трубы основано на использовании принципов триангуляции и оригинальной технологии сканирования тела трубы.

Система представляет собой высокоточный измерительный комплекс с решением следующих задач:

- измерение диаметра и овальности трубы;
- оценка отклонения от теоретической окружности;

- измерение длины трубы;
- измерение геометрии сварного шва.

Все эти устройства являются стационарными или требуют большого пространства вокруг трубы для проведения измерений. Кроме того они дорогостоящие.

Задача. Надо разработать устройство для измерения овальности цилиндрических элементов больших диаметров.

Устройство для измерения овальности цилиндрических элементов больших диаметров должно удовлетворять следующим требованиям:

- мобильность устройства;

- минимальный объем пространства вокруг объекта, необходимый для проведения измерений;
- возможность применения устройства для различного сортамента цилиндрических элементов.;
- низкая себестоимость.

Принцип измерения овальности.

Предлагается изготовить ленту, состоящую из отдельных блоков одинаковой, известной длины l , соединенных шарнирно (1, 2, 3...N), , как показано на рисунке 3.

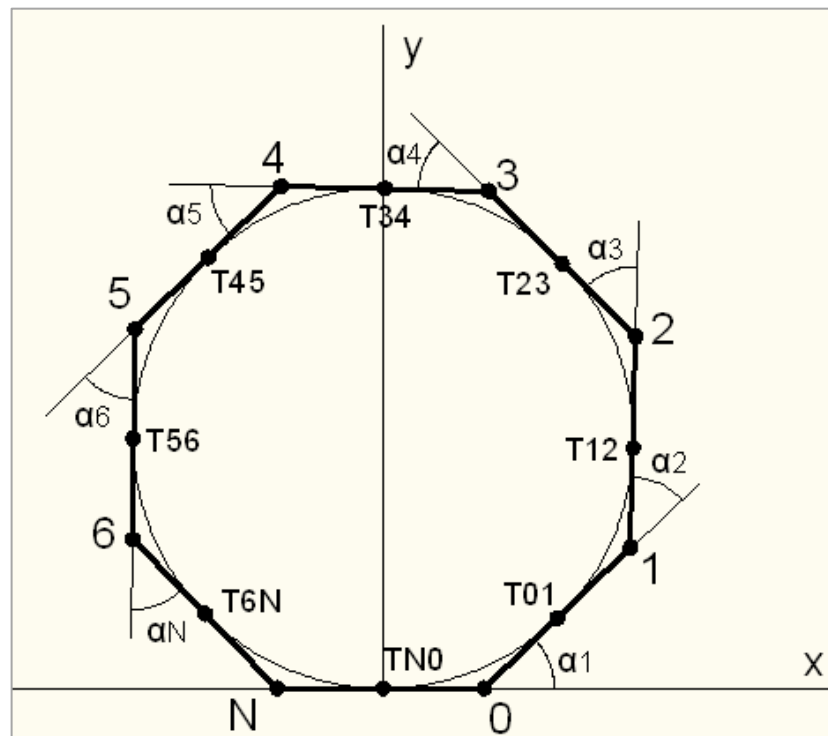


Рис. 3. Принципиальная схема.

Такую ленту устанавливают на трубу, перпендикулярно образуя и производят замеры углов $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4 \dots \alpha_N$. Устройство для замера углов рассмотрим далее.

Математическая модель устройства.

Построим математическую модель для определения max и min диаметров.

1. Определим координаты в декартовой системе координат точек 0, 1, 2, 3, 4...N и точек касания $T_{01}, T_{12}, T_{23}, T_{34} \dots T_{0N}$.

- точка 0: $x_0 = l/2$;
 $y_0 = 0$;

- точка T_{N0} : $x_{TN0} = 0$;

$$y_{TN0} = 0;$$

- точка 1: $x_1 = x_0 + l \cdot \cos(\alpha_1)$;
 $y_1 = y_0 + l \cdot \sin(\alpha_1)$;

- точка T_{01} :

$$x_{T01} = x_0 + (l/2) \cdot \cos(\alpha_1);$$

$$y_{T01} = y_0 + (l/2) \cdot \sin(\alpha_1);$$

- точка 2: $x_2 = x_1 + l \cdot \cos(\alpha_1 + \alpha_2)$;
 $y_2 = y_1 + l \cdot \sin(\alpha_1 + \alpha_2)$;

- точка T_{12} :

$$x_{T12} = x_1 + (l/2) \cdot \cos(\alpha_1 + \alpha_2);$$

$$y_{T12} = y_1 + (l/2) \cdot \sin(\alpha_1 + \alpha_2);$$

- точка N:

$$x_N = x_{(N-1)} + l \cdot \cos(\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_N);$$

$$y_N = y_{(N-1)} + l \cdot \sin(\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_N);$$

- точка T_{01} :

$$x_{T(N-1)N} = x_{(N-1)} + (l/2) \cdot \cos(\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_N);$$

$$y_{T(N-1)N} = y_{(N-1)} + (l/2) \cdot \sin(\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_N);$$

В итоге получим координаты точек касания $T_{01}, T_{12}, T_{23}, T_{34} \dots \dots T_{0N}$,

которые принадлежат фигуре (окружность, овал). Таким образом, с помощью замера углов мы получили координаты N точек. Чем больше блоков и соответственно меньше длина l , тем больше точек принадлежащих нашей фигуре мы получим на выходе.

2. Определим координаты центра нашей фигуры по известным нам точкам $T_{01}, T_{12}, T_{23}, T_{34} \dots \dots T_{0N}$.

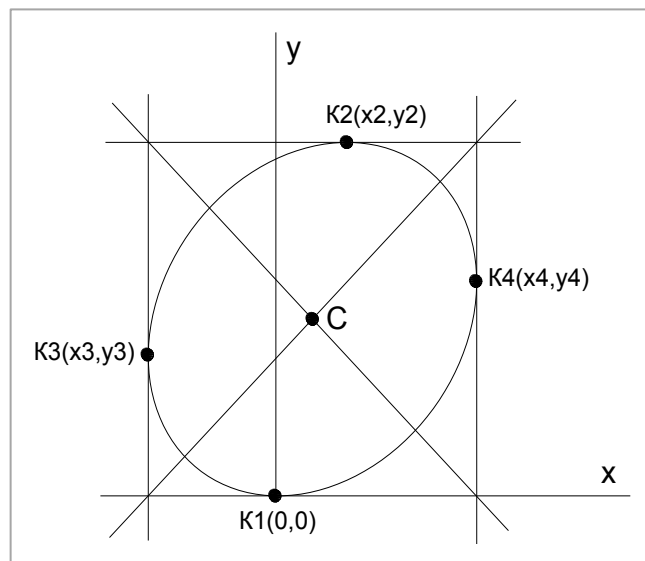


Рис. 4. Расположение фигуры в прямоугольнике.

Для этого необходимо вписать нашу фигуру (овал) в прямоугольник (рис. 4). Для этого определяем из наших точек две точки с \max и \min значениями координаты (x). Получаем две точки $K3$ и $K4$. Через эти точки проводим две прямые, параллельные оси ординат. Далее определяем две точки с \max и \min значениями координаты (y). Точка $K1$ нам уже известна, так как мы начали с нее построение и откладывали наши углы в положительном направлении, следовательно она имеет самую маленькую координату (y). Ищем точку с \max координатой (y), принимаем ее за точку $K2$. Через точки $K1, K2$ проводим две прямые параллельные оси абсцисс. В результате получился прямоугольник.

Пересечение диагоналей этого прямоугольника дадут нам точку C , которая будет являться центром нашей фигуры. Ее координаты:

$$x_c = \frac{x_4 - x_3}{2}$$

$$y_c = \frac{y_2}{2}$$

Помещаем систему координат в точку $C(x_c; y_c)$, вычитая из каждой координаты наших точек $T_{01}, T_{12}, T_{23}, T_{34} \dots \dots T_{0N}$ координаты ($x_c; y_c$).

3. Определим диаметры нашей фигуры начиная с 0 градусов до 180 градусов с шагом в 15 градусов. (рис. 5).

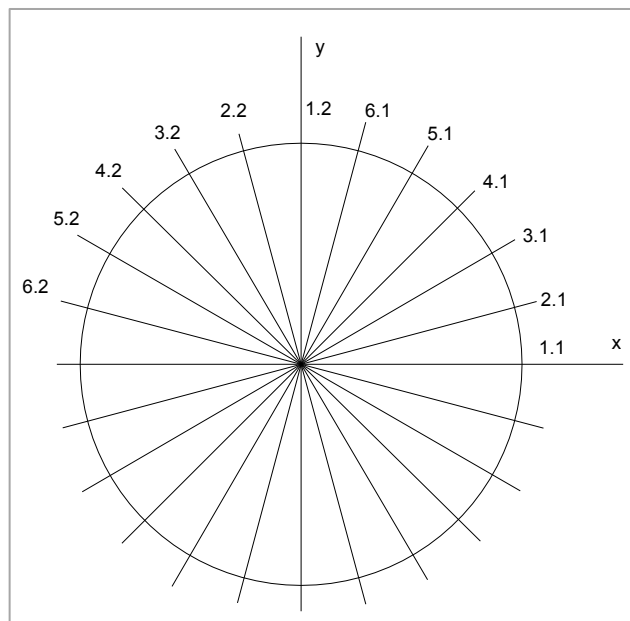


Рис. 5. Схема определения диаметров.

Получается шесть пар взаимно перпендикулярных прямых: (1.1, 1.2), (2.1, 2.2), (3.1, 3.2), (4.1, 4.2), (5.1, 5.2), (6.1, 6.2).

Определяем длину отрезков 1.1 и 1.2.

Для этого также определяем две точки с max и min значениями координаты (x). Далее вычисляем длину отрезка 1.1 (диаметр).

$$l_{1.1} = x_1 + |x_2|$$

Определяем две точки с max и min значениями координаты (y). Далее вычисляем длину отрезка 1.2 (диаметр).

$$l_{1.2} = y_1 + |y_2|$$

Далее поворачиваем нашу фигуру относительно точки С (центра) на заданный шаг (в нашем случае 15 градусов) по часовой стрелке.

Для поворота фигуры необходимо пересчитать координаты известных точек.

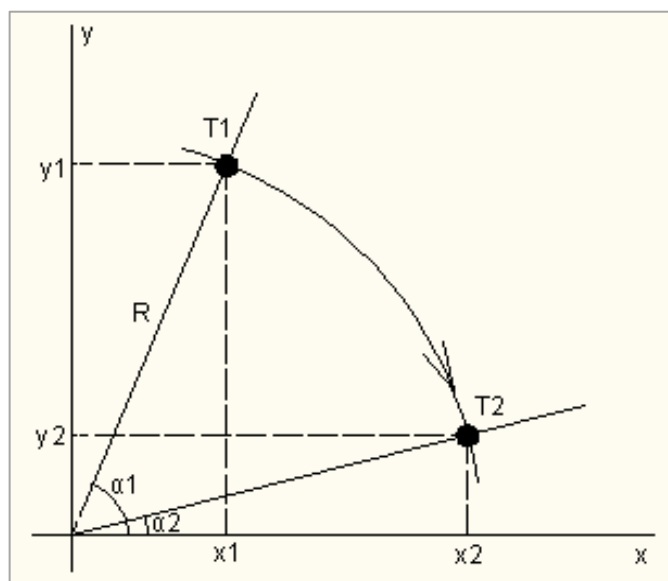


Рис. 6 Схема пересчета точки.

Рассмотрим пересчет одной точки (остальные по аналогии, рис. 6).

$$R = \sqrt{x1^2 + y1^2};$$

$$\alpha1 = \arctg\left(\frac{y1}{x1}\right);$$

$$\alpha2 = \alpha1 - 15 = \arctg\left(\frac{y1}{x1}\right) - 15;$$

$$x2 = R \cdot \cos(\alpha2) = (\sqrt{x1^2 + y1^2}) \cdot \cos\left(\arctg\left(\frac{y1}{x1}\right) - 15\right);$$

$$y2 = R \cdot \sin(\alpha2) = (\sqrt{x1^2 + y1^2}) \cdot \sin\left(\arctg\left(\frac{y1}{x1}\right) - 15\right);$$

После поворота прямые 2.1 и 2.2 совпадут соответственно с осью абсцисс и ординат, что позволяет нам определить еще два диаметра нашей фигуры по выше изложенному алгоритму.

В итоге получаем 12 значений диаметров. Выбираем max и min значение. Считаем овальность. Для более точного определения можно увеличить шаг измерений, например через каждые 5 градусов.

Таким образом, мы повторяем по сути действия при замере диаметров штангенциркулем, замеряем два диаметра, перпендикулярных друг другу, потом поворачиваем нашу фигуру на заданный шаг и опять измеряем и т.д. Только делаем это не на трубе, а с помощью вычислений. Лента является ключевым и самым главным приспособлением, она позволяет снять взаимное расположение точек поверхности нашей фигуры.

Техническая реализация устройства.

Предлагается для замера углов использовать переменные резисторы, установленные в шарнирных узлах или датчики измерения угла (рис. 7).

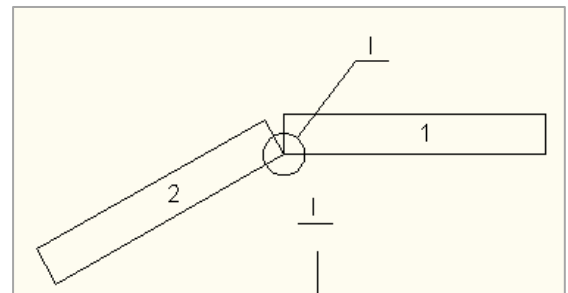


Рис. 7. Шарнирное соединение.

Количество блоков и длина l каждого блока будут определять max длину контролируемых окружностей (диаметров). При контроле необходимо будет в блок обработки замеренных углов по выше изложенным алгоритмам обозначать количество блоков N , чтобы оставшиеся блоки не участвовали в измерениях. Такая конструкция позволит измерять овальности разных диаметров одной и той же лентой. Также необходимо будет рассчитать минимальный диаметр на котором можно будет применять данную ленту в зависимости от необходимой точности измерений.

Таким образом изменяя значения количества блоков и их длины можно изготовить несколько лент для измерения овальности всех типоразмеров труб.

Заключение.

В ходе проделанной работы были рассмотрены устройства для измерения овальности цилиндрических элементов. Был проведен анализ существующих методов и предложена математическая модель и техническая реализация устройства для проведения измерений. Предложенное устройство очень удобно применять, так как оно не требует большого объема пространства вокруг контролируемого объекта, предназначено для контроля большого диапазона различных сортаментов цилиндрических деталей. Конструкция изделия проста и эффективна, устройство имеет низкую себестоимость и маленькие габаритные размеры.



Литература

1. ГОСТ 26433.1-89 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений».
2. ГОСТ 26877-2008. Металлопродукция. Методы измерений отклонений формы.
3. РД 03-606-03 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю». Постановление от 11 июня 2003 года №92 Об утверждении Инструкции по визуальному и измерительному контролю.



КАПИЛЛЯРНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 620.179.1

Одайкин А.П.	Ведущий инженер экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Муравьев В.С.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Коннова Е.Ю.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Орлов А.В.	Начальник ЛНК ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность», эксперт (ООО «ПЭБ»)
Зайтов М.Т.	Эксперт Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

24.11.2015

Аннотация. В данной статье рассмотрен капиллярный метод неразрушающего контроля изделий и конструкций. Поясняется о физической сущности метода, способах контроля и областях применения данного метода.

Ключевые слова: капиллярный метод неразрушающего контроля, физическая сущность и виды капиллярного контроля, классы чувствительности капиллярного метода.

Экспертиза промышленной безопасности опасных производственных объектов тесно связана с неразрушающим контролем (далее НК). На сегодняшний день одним из достоверных методов выявления дефектов металла в труднодоступных местах (где технически невозможно провести ультразвуковую дефектоскопию прибором) является капиллярный метод неразрушающего контроля.

Капиллярный метод НК предназначен для выявления поверхностных и сквозных дефектов на деталях и узлах конструкции, изготовленных из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла,

керамики, а также других твердых ферромагнитных материалов [2].

При этом виде контроля надежно выявляются усталостные, шлифовочные и закалочные трещины, а также растрескивание защитных покрытий, очаги межкристаллической коррозии и многие другие производственные и эксплуатационные дефекты с раскрытием более 0,001 мм и глубиной более 0,01 мм [2]. Контроль с использованием данного метода не требует сложной аппаратуры и отличается высокой объективностью результатов. Главным недостатком данного метода является сложность и длительность подготовительных операций.

Физическая сущность метода выявления дефектов [1] основана на способности контрастно-окрашенных жидкостей проникать в мельчайшие несплошности материала под действием капиллярных сил, имеющих сквозной выход на поверхность материала, и при последующем проявлении выделять их на фоне бездефектных участков. Благодаря такому проникающему свойству жидкости данный метод отлично подходит и широко применяется для контроля сварных швов изделий.

На практике хорошо себя зарекомендовали следующие варианты капиллярного метода [3]:

1) люминесцентный (применяются индикаторы, светящиеся при ультрафиолетовом свете):

2) люминесцентно-цветной (применяются индикаторы, светящиеся в ультрафиолетовом свете, а так же имеющие контрастную окраску);

3) цветной или метод красок (основан на применении специальных проникающих жидкостей, в результате образующих цветной рисунок на поверхности дефектного места).

Процесс капиллярной дефектоскопии [4] обычно условно делят на 5 этапов:



1. Подготовка дефектного места. Этот процесс включает в себя тщательную промывку, очистку и обезжиривание поверхности исследуемого материала. Не допускается наличие на поверхности различных масел, ржавчины и грязи. Удаление лакокрасочных и других защитных покрытий.



2. Нанесение пенетранта (пропитка, индикатор) на поверхность исследуемого места. Наносить пенетрант можно кистью, с помощью распылителя либо погружением в спец. ванны- для лучшей пропитки. Выдержать 5-20 мин. для проникновения жидкости в трещины.



3. Удаление излишков пенетранта. Как правило это делают с помощью обычных(бумажных) салфеток или промывают водой. Главная задача на данном этапе -удаление неиспользуемого индикатора с поверхности детали, но ни в коем случае не из полости самого дефекта. Далее поверхность обязательно высушивается.



4. Нанесение проявителя тонким слоем.



5. Контроль. Производится осмотр дефектного участка, уделяя



внимание форме и окрасу. Чем интенсивнее окрас трещины, тем она глубже.

В литературе по дефектоскопии материалы используемые в методе обычно маркируют индексами [3]: И – индикаторный пенетрант, М – очиститель, Г – гаситель, П – проявитель.

Табл. 1. Чувствительность капиллярного МНК [3].

Класс чувствительности	Минимальная ширина раскрытия дефекта, мкм
1 класс	менее 1
2 класс	1-10
3 класс	10-100
4 класс	100-500
технологический	не нормируется

Проверку порога чувствительности проверяют согласно ГОСТ

Литература

1. Каневский И.Н. Неразрушающие методы контроля: Учебное пособие// Каневский И.Н, Сальникова Е.Н. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ 2007, С 62-74.
2. Методическое пособие по капиллярному методу неразрушающего контроля, СГАУ. С 2-14.
3. Контроль неразрушающий. Методы: Сборник стандартов: Капиллярные методы. Термины и определения ГОСТ 18442 -80. – Издание официальное. //- М.: ИПК Издательство стандартов, 2005.
4. Методические рекомендации о порядке проведения капиллярного контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах: руководящий документ РД-13-06-2006: утвержден и введен приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13.12.06 г. № 1072.// «Энергоназор и энергобезопасность», N 1, 2007.

23349 на специальном заранее подготовленном дефектном образце. Принцип изготовления такого образца заключается в намеренном создании трещин определенной глубины.

Капиллярный метод неразрушающего контроля часто применяют [2] для контроля целостности лопаток турбин и компрессоров по первому классу чувствительности. По второму классу чувствительности в основном проверяют герметичность и целостность сварных швов трубопроводов, по третьему классу в основном проверяют крепежные соединения, по четвертому – толстостенное литье и конструкции.

Данный метод нашел широкое применение при проведении экспертизы промышленной безопасности различных технических устройств, а так же металлических конструкций зданий и сооружений, что обусловлено его незаменимостью при проведении контроля важных труднодоступных участков.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА КОРРОЗИОННОГО ПОВРЕЖДЕНИЯ МЕТАЛЛА ТРУБОПРОВОДА ТЕПЛОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА

УДК 658.264

Вакатов А.В.	Эксперт по объектам котлонадзора и сосудов, работающих под давлением Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Куценко М.М.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Бикинеев Д.В.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ-ПОВОЛЖЬЕ»
Чуфаров М.В.	Инженер-дефектоскопист ООО «ПТЭ-ПОВОЛЖЬЕ»
Зорин П.Н.	Эксперт в области химической, нефтехимической промышленности ООО «ПТЭ-ПОВОЛЖЬЕ».

24.11.2015

До недавнего времени тепловым сетям отопления и горячего водоснабжения отводилось мало внимания со стороны экспертных организаций. Экспертиза технических устройств (ТУ) тепловых сетей не проводилась, и если были единичные случаи технического диагностирования ТУ, то оно проводилось в частности для выявления участков трубопроводов, наиболее подверженных коррозионному износу, и планирования сроков проведения ремонтных работ эксплуатирующими организациями.

В условия длительной работы тепловых сетей и необходимости постоянной бесперебойной работы их для отопления и горячего водоснабжения потребителей возникает необходимость постоянного периодического контроля состояния оборудования

В соответствии с федеральным законом № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1] опасные производственные объекты, на котором эксплуатируется

оборудование тепловых сетей относятся к III (третьему) классу опасности. На ТУ распространяется действие «Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок» (Правила), в которых изложены основные организационные и технические требования к эксплуатации тепловых энергоустановок, выполнение которых обеспечивает их исправное состояние, безопасную эксплуатацию, а так же надежную и экономическую работу [2]. Правила распространяются на проектные, строительные, монтажные, ремонтно-наладочные работы и эксплуатацию тепловых энергоустановок.

При проведении гидравлического испытания трубопровода тепловой сети системы отопления жилого дома был выявлен пропуск продукта. Для определения характера коррозионного повреждения металла трубы и определения участков, подлежащих замене, было проведено техническое диагностирование, включающего визуально-измерительный контроль и ультразвуковую толщинометрию.

Основные технические параметры трубопровода приведены в таблице 1.

Трубопровод предназначен для подачи воды в систему отопления жилого дома. Смонтирован в 2009г.

Сведения об основных частях подающего трубопровода представлены в таблице 2.

Табл. 1. Основные технические параметры трубопровода.

Рабочее давление	0,56 МПа (5,6 кгс/см ²)
Пробное давление	0,7 МПа (7,0 кгс/см ²)
Рабочая температура	«плюс» 142 °С
Рабочая среда	Вода

Табл. 2. Сведения об основных частях подающего трубопровода.

Наименование элемента	Количество	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Марка стали
Труба прямошовная стальная	1	76	3,0	Ст3сп6 ГОСТ10704-91

Визуальный осмотр проводился при отсутствии рабочей среды изнутри и снаружи в доступных местах. Осмотру подлежали наружная и внутренняя поверхность участков трубопровода после демонтажа.

Изоляция отсутствует.

Антикоррозионная защита – грунтовое покрытие ГФ-021.



Фото 1, 2. Участки коррозии на наружной поверхности.

Состояние наружной поверхности металла трубопровода характеризуется наличием многочисленных участков

коррозии на значительную поверхность по длине трубы и по периметру трубы глубиной до 0,2÷0,5 мм (фото 1, 2).

Были также выявлены участки значительного коррозионного износа с нарушением целостности трубопровода (фото 3, 4, 5)



Фото 3, 4. Значительный коррозионный износ вследствие неблагоприятного воздействия окружающей среды.



Фото 5. Сквозная коррозия участка трубопровода.

На непораженных коррозией участках трубопровода сохранилось антикоррозионное покрытие.

Состояние внутренней поверхности металла трубопровода характеризуется наличием многочисленных наростов от продуктов теплоносителя (Фото 6).



Фото 6. Внутренняя поверхность трубопровода.

Толщина стенки трубопровода в местах непораженных коррозией равномерная и составляет – 3 мм.

На основании анализа результатов наружного и внутреннего осмотра, визуального и измерительного контроля, был сделан вывод о том, что причиной коррозионного повреждения металла трубопровода является коррозия наружной поверхности металла, из-за наличия влаги непосредственно на поверхности металла.

Причиной интенсивного развития коррозии на наружной поверхности трубопровода является высокая температура стенки трубопровода, повышенная влажность в подвале дома, где эксплуатируется трубопровод, попадание агрессивной среды на поверхность трубопровода из сточных вод проходящей сверху канализации. Вышеуказанные факторы приводят к резкому усилению коррозионных процессов на поверхности трубопровода в местах скопления влаги.

Литература

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», № 116-ФЗ от 21 июля 1997 г., с изменениями на 31.12.2014.
2. «Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок». Утверждены Приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 24 марта 2003 г. № 115.



МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 620.179.1

Одайкин А.П.	Ведущий инженер экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Муравьев В.С.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Нарожный А.Д.	Инженер 1 категории экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Орлов А.В.	Начальник ЛНК ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность», эксперт (ООО «ПЭБ»)
Зайтов М.Т.	Эксперт Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

24.11.2015

Аннотация. В данной статье рассмотрен Металлографический метод исследования конструкций. Поясняется о физической сущности метода, способах контроля и областях применения данного метода.

Ключевые слова: металлографический метод исследования конструкций, контроль сварных соединений трубопроводов, методика исследования образцов.

Металлография – самостоятельная прикладная наука, занимающаяся изучением структуры металла, полимеров и керамики. В настоящее время проводят металлографический анализ сырья, полуфабрикатов и готовой продукции[1]. Цель проведения таких анализов заключается в контроле качества структуры материала, которая в свою очередь говорит об основных физико-механических свойствах различного рода деталей. По этим свойствам можно судить о прочности, износостойкости материала, а так же о точности соблюдения всех правил и режимов изготовления и эксплуатации объектов[2].

В промышленной безопасности данный метод просто необходим, в силу того, что металлографический метод широко используют для контроля

сварных соединений, исследования состава, структуры и свойств металла.

Необходимость применения данного метода возникает при техническом диагностировании и экспертном обследовании трубопроводов пара и горячей воды [3, 4].

Длительная работа трубопроводов при высоких давлениях и температуре, оказывает негативное влияние на состояние трубопроводов. Снижаются прочностные характеристики стали, начинает развиваться ползучесть, графитизация и окалинообразование.

Исследования состава, структуры и свойств металла паропроводов, эксплуатирующихся при температуре выше 450 С, на образцах вырезок из паропровода являются обязательными в следующих случаях [3]:



а) при обнаружении в процессе контроля (или предшествующей эксплуатации) недопустимых дефектов или отклонений, в том числе недопустимого уровня остаточной деформации;

б) при выявлении не рекомендованной микроструктуры металла гибов или сварных соединений при неразрушающем контроле (методом реплик, переносным микроскопом и т.д.);

в) при выявленной (по результатам неразрушающего контроля) микроповрежденности выше 4 балла или (и) выше III балла шкал микроповрежденности основного металла и сварных соединений соответственно согласно действующей НД;

г) при нарушении режимов эксплуатации, в результате чего возможны недопустимые изменения в структуре и свойствах металла или появление недопустимых дефектов;

д) при повторном продлении срока службы паропровода после отработки им индивидуального ресурса.

На ряду с трубопроводами пара имеющими вышеуказанные характеристики проведение данного вида контроля обязательно для паропроводов произведенных из углеродистых, молибденовых и кремнемарганцовистых сталей, работающих при температуре выше 390 °С в случае исчерпания установленного срока службы, а так же при следующих условиях [4]:

а) при неудовлетворительных результатах измерения твердости металла;

б) при обнаружении аномальных изменений в микроструктуре металла;

в) при необходимости установления причин возникновения дефектов металла;

г) при нарушении режимов эксплуатации, вследствие которого возможны изменения в структуре и

свойствах металла и появление других недопустимых дефектов;

д) при отсутствии в технической документации на элементы трубопровода;

е) если исследования механических свойств и структуры металла на вырезках из трубопровода при его эксплуатационном обследовании предусмотрены действующими производственно-техническими документами.

Вырезать участок паропровода рекомендуется [3, 4] таким образом, чтобы он содержал в себе фрагменты прямой трубы и гiba, включая сварной шов. Шов в свою очередь должен располагаться в центре выреза. Вырезаемое место обязательно предварительно маркируется, для возможности идентификации металла прямой трубы и гiba при последующей механической обработке. Так же при определении места вырезки обычно учитывают, что вырезка должна находиться на начальном этапе трубопровода, а гиб попадаемый (попадающий) в участок выреза должен иметь минимальную толщину стенки по сравнению с другими.

При металлографическом исследовании трубопроводов в основном определяют:

- марку стали, проводят химический и спектральный анализ;
- микроповреждения по всей толщине стенки;
- твердость и жаропрочность металла;
- наличие неметаллических включений;
- механические свойства металла при рабочей температуре;
- графитизацию.

Методика проведения металлографических исследований заключается в изучении макро и микроструктуры исследуемого материала. Для этого в основном

используют специальные металлографические микроскопы.

Макроанализ [3] заключается в определении общего строения и наличия дефектов в металле. Производится он с помощью луп при относительно небольшом увеличении (примерно до 30 раз), что дает возможность контролировать большую площадь исследуемого образца.

Микроанализ [3] включает себя более детальное исследование при большем увеличении, что позволяет увидеть расположение, строение и размеры зерен.

Металлографию можно условно разделить на разрушающую и неразрушающую. При неразрушающей металлографии производят шлифовку исследуемой поверхности и, либо делают слепок (реплику) зашлифованной поверхности, либо проводят исследования непосредственно на объекте. При анализе материала с помощью разрушающей металлографии производят вырезку образца из объекта контроля.

Методика исследования вырезанных образцов [3] обычно включает в себя следующие операции:

1. Изготовление образцов.
2. Изготовление шлифов и травление.
3. Исследование макро и микро-структуры шлифов.

На первом этапе производят отбор образцов и их дальнейшую в последствии вырезку. Основной задачей на данном этапе является отбор и вырезка образцов таким образом, чтобы исследуемый участок полностью попал в

плоскость будущего шлифа. Количество отобранных образцов должно обеспечивать возможность проведения статистического анализа.

На втором этапе проводят тщательную шлифовку, а для полного выравнивания и сглаживания поверхности- полировку исследуемых образцов. Структуру данного образца выявляют с помощью специальных способов травления в специальных химических реактивах, методом ионной бомбардировки, нанесением тонких покрытий и т.д. Все эти методы применяются для того что бы выявить структурную составляющую исследуемого объекта.

На третьем этапе проводят исследование микроструктуры шлифа с использованием специальных металлографических микроскопов, которые позволяют производить визуальное наблюдение при многократном увеличении (от 33 до 2000 и более раз), а также делать качественные фотографии с высоким разрешением структуры объекта.

В итоге, используя классический метод металлографического исследования, который подразумевает вырезку образца, мы нарушаем целостность объекта. Вырезанный образец можно подвергнуть более подробному изучению структуры и свойства металла по всей толщине стенки.

Изготавливая слепки зашлифованной поверхности целостность объекта не нарушается.

Литература

1. Методическое пособие для студентов «Металлографический метод исследования конструкций», СГАУ.
2. Самойлов Н.С. Методы исследования и испытания металлов. Металлографические исследования / Н.С. Самойлов//[Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.naukaspb.ru/spravochniki/DemoMetall/2.htm.



3. Инструкция о порядке обследования и продления срока службы паропроводов сверх паркового ресурса: СО 153-34.17.470-2003. Утверждена приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 30.06.2003 г. № 273.
4. Инструкция по продлению срока службы трубопроводов II, III и IV категорий: СО 153-34.17.464. 2003 Утверждена приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 30.06.2003 г. № 275.



ТОКОВИХРЕВОЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 620.179.1

Одайкин А.П.	Ведущий инженер экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Муравьев В.С.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Коннова Е.Ю.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Федоринин В.А.	Директор ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Артемов А.В.	Начальник отдела экспертизы технических устройств Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

24.11.2015

Аннотация. В данной статье рассмотрен токовихревой метод контроля конструкций. Поясняется о физической сущности метода, способах контроля и областях применения данного метода.

Ключевые слова: токовихревой метод контроля конструкций, преимущества и недостатки токовихревого метода, физическая сущность.

В практике промышленной дефектоскопии одной из наиболее часто встречающихся задач, является контроль концевых деталей (переходные соединения, фланцы и т.д.). Во многих отраслях к данным деталям предъявляются высокие требования по надежности, прочности и долговечности в связи с эксплуатацией данных деталей в жестких условиях. Исходя из этого возникает необходимость в применении неразрушающих методов контроля. Вследствии того, что концевые детали зачастую имеют сложную форму, для обнаружения трещин, выходящих на поверхность, или расположенных около нее - могут быть использованы лишь немногие из известных методов неразрушающего контроля. К одному из

таких методов, относят и токовихревой МНК.

Токовихревой неразрушающий контроль - неразрушающий контроль, основанный на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в объекте контроля этим полем [1]. Уверенно выявляются поверхностные трещины, имеющие длину более 2 мм, раскрытие более 0,01 мм и глубину 0,1-0,2 мм [3]. Главным преимуществом данного метода по сравнению, например, с капиллярным, является то, что при его использовании не требуется удаление защитных покрытий толщиной до 0,1 мм и более.

Данный метод нашел широкое применение в промышленной безопасности. В основном его

используют для выявления усталостных трещин на разнообразных контролируемых деталях, изготовленных из алюминиевых, титановых и магниевых сплавов. Контроль промышленных объектов с применением данного метода отличается высокой оперативностью, простотой использования и низкой трудоемкостью выполнения работ.

В настоящее время широко применяются высокочастотные дефектоскопы с накладным датчиком. Они позволяют проводить дефектоскопию объектов и деталей сложной конфигурации, даже при наличии на них болтов, отверстий и других элементов конструкций [2].

Физическая сущность [2] основана на измерении поверхностной электропроводности материала той или иной детали или объекта. В основном, в токовихревых дефектоскопах применяют накладные датчики небольшого диаметра приблизительно 2 мм. Наличие таких датчиков позволяет выявлять небольшие участки с пониженной электропроводностью и, впоследствии, точно установить границы дефекта. Поверхностную электропроводность материала при данном методе определяют путем наложения на проверочную поверхность специального датчика (катушки), который запитывается переменным током. Характер взаимодействия электромагнитных полей всегда зависит от самой конструкции катушки (число витков, диаметр и др.) Так же характер взаимодействия зависит от частоты тока питающей катушку, электропроводности, расстояния катушки до исследуемой поверхности, толщины и сплошности материала объекта.

Наличие дефекта (трещины) в поверхностных слоях материала является непреодолимым препятствием для прохождения вихревых токов, вследствие чего происходит изменение параметров

катушки. Исходя из этого, токовихревой метод контроля сплошности материала основан на непрерывном сравнении электропроводности исследуемой поверхности с электропроводностью эталонных участков [2]. Эталонном в свою очередь называют такое место конструкции, на котором заведомо известно об отсутствии каких-либо дефектов. Как раз на таком участке конструкции и проводят проверку и настройку дефектоскопа.

Однако многообразие факторов влияющих на параметры катушки одновременно является как достоинством, так и недостатком данного метода.

К основным преимуществам можно отнести:

1. Возможность проведения контроля по грубой поверхности.
2. Контроль поверхности с немагнитным покрытием (до 2 мм).
3. Высокая скорость проведения контроля, возможность автоматизации процесса.
4. Возможность контроля изделия в труднодоступных местах

К недостаткам токовихревого неразрушающего метода контроля можно отнести колебание величины зазора и кривизны исследуемой поверхности которое оказывает значительное влияние на точность результатов измерений, как в прочем и колебание электропроводности материала. Толщина ЛКП так же накладывает негативный отпечаток на надежность выявления дефектов или трещин.

Очень важно знать, что токовихревой метод контроля требует от специалиста высокий уровень квалификации. Это отражается на правильной настройке дефектоскопа, и конечно же на результатах диагностирования. При неправильной настройке и недостатке знаний особенностей токовихревого метода,



возможно выявление ложных дефектов, т.е. срабатывание индикации на месте где отсутствует дефект, либо наоборот не срабатывание индикации дефектоскопа

даже при проведении датчика через видимую невооруженным глазом трещину.

Литература

1. Каневский И.Н. Неразрушающие методы контроля: Учебное пособие/ Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ 2007.
2. Методическое указание к лабораторной работе по токовихревому МНК, СГАУ.
3. Методические рекомендации о порядке проведения вихретокового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах: руководящий документ РД-13-03-2006: утвержден и введен приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13.12.06 г. № 1072 // "Энергоназор и энергобезопасность", N 1, 2007.



УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 620.179.1

Одайкин А.П.	Ведущий инженер экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Муравьев В.С.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Коннова Е.Ю.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Федоринин В.А.	Директор ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность» (ООО «ПЭБ»)
Артемов А.В.	Начальник отдела экспертизы технических устройств Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

24.11.2015

Аннотация. В данной статье рассмотрен ультразвуковой метод контроля конструкций. Поясняется о физической сущности метода, способах контроля и областях применения данного метода.

Ключевые слова: ультразвуковой метод контроля конструкций, методы ультразвуковой толщинометрии.

Ультразвуковые методы дефектоскопии относятся к числу наиболее универсальных методов исследования конструкций. Они позволяют определять разнообразные свойства изделий, изготовленных из акустически прозрачных конструкционных материалов.

Ультразвуковой метод контроля (УЗК) основан на способности ультразвуковых колебаний распространяться в акустически прозрачных материалах и отражаться от границы раздела двух сред с различными акустическими свойствами [2]. УЗК при введении в акустически прозрачную среду распространяются в виде ультразвуковых волн на значительном расстоянии без существенного ослабления. Именно эти свойства

ультразвуковых волн и используются в ультразвуковой дефектоскопии сварных соединений.

Широкую область применения ультразвуковой метод нашел в промышленной безопасности при проведении экспертизы промышленной безопасности технических устройств. Например после выработки паркового ресурса паропровода возникает необходимость в проведении ультразвуковой дефектоскопии сварных швов [3] и ультразвуковой толщинометрии [4].

Ультразвуковую дефектоскопию в основном проводят с применением двух методов [1]: теневой и эхо-импульсный.

При теневом методе контроля [1] ультразвуковые волны проникающие через сварной шов от излучателя

(источника), попадая на дефект не проходят через него, так как граница дефекта является разделом двух различных сред. В следствии этого за дефектом образуется «звуковая тень», что приводит к резкому снижению интенсивности ультразвуковых волн, принятых щупом-приемником, что в свою очередь говорит о наличии дефекта. К сожалению, данный способ имеет существенный недостаток, заключающийся в необходимости двустороннего доступа к сварному шву, что в ряде случаев просто невозможно.

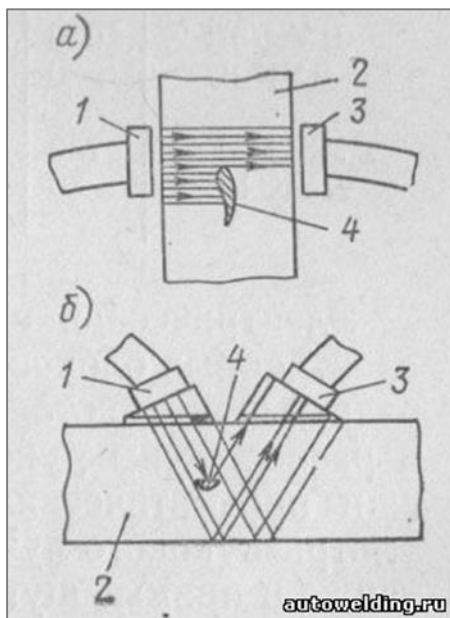


Рис. 1. Два метода ультразвуковой дефектоскопии: а) теневой; б) эхо-импульсный.

1 – щуп-излучатель; 2 – исследуемая деталь; 3 – щуп-приемник; 4 – дефект.

При эхо-импульсном способе [1], щуп-излучатель так же излучает ультразвуковые волны, которые при встрече с дефектом отражаются от него и поступают на щуп-приемник. Эти импульсы фиксируются на экране дефектоскопа в виде пиков, что говорит о наличии дефекта. А засекая время от момента посылки импульса, до его принятия можно судить о глубине залегания дефекта. Этот способ имеет

существенное преимущество по сравнению с теневым, в том, что не требуется двусторонний доступ к исследуемому сварному шву. В следствии этого, эхо-импульсный метод получил большее распространение при контроле сварных швов.

Контролируют швы с использованием импульсных ультразвуковых дефектоскопов. С их помощью выявляют наличие трещин и непроваров, а так же газовые и шлаковые включения.

Ультразвуковую толщинометрию [4] проводят с целью оценки фактического значения толщины стенок элементов металлических конструкций. Необходимость в проведении толщинометрии на паропроводах возникает в следствии, воздействия высоких рабочих температур. При работе паропровода с температурой пара на внутренних стенках труб происходит окисление металла и за счет утончения стенок труб образуются тонкие слои окалины. С течением времени толщина стенок труб уменьшается, вследствие чего в стенках труб увеличиваются напряжения и ускоряется процесс ползучести.

Ультразвуковая толщинометрия имеет ряд преимуществ:

1. Возможность измерения толщины, в местах недоступных для других средств механических измерений.
2. Исключает традиционные погрешности
3. Высокая точность определения толщины, без разрушений и повреждений.

В общем, ультразвуковой контроль является эффективным неразрушающим методом контроля качества стенок металла, диагностики дефектов, без вывода оборудования из эксплуатации.

Ультразвуковая толщинометрия является высокоэффективным методом



исследования и позволяет с высокой точностью определять наиболее опасные

участки объекта, избежав тем самым аварийных ситуаций.

Литература

1. Учебно-методическое пособие «Ультразвуковой метод контроля конструкций», СГАУ.
2. Алешин Н.П. Контроль качества сварочных работ/ Алешин Н.П., Щербинский В.Г. – М: изд. 1981 г. Высшая школа, – 207 с.
3. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые ГОСТ 14782-86 . – Издание официальное. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
4. Контроль неразрушающий. Толщиномеры ультразвуковые. Общие технические требования ГОСТ 28702-90. – Издание официальное. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2005.



МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В ЦЕЛЯХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

УДК 69.059.4

Одайкин А.П.	Ведущий инженер экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Муравьев В.С.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Коннова Е.Ю.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Нарожный А.Д.	Инженер 1 категории экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Высоких Р.В.	Эксперт отдела экспертизы промышленной безопасности зданий и подъемных сооружений Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

25.11.2015

Аннотация. В статье рассматривается вопрос необходимости проведения мониторинга зданий и сооружений при ограниченно работоспособном состоянии конструкций, в условиях действующего производства.

Ключевые слова: мониторинг зданий и сооружений, аварии на промышленных предприятиях, техническое диагностирование, техническое состояние конструкций, механическая безопасность, действующее производство.

В настоящее время, объем мониторинга зданий и сооружений увеличивается с каждым годом, это является следствием ряда факторов:

- морального и физического износа [2] – как следствие снижение и потеря несущей способности, деформации здания в целом и отдельных элементов;
- перевооружения производственных зданий (связанных с изменением экономической ситуации и требований рынка) с увеличением эксплуатационных нагрузок и пр.

На сегодняшний день большинство основных фондов производственных объектов в России выработали свой ресурс, и находятся в ограниченно работоспособном состоянии либо уже достигли состояний предельно близких к понятию «аварийное состояние» [3], однако продолжают эксплуатироваться в силу сложившейся экономической ситуации и невозможности одномоментно остановить технологический процесс. При этом аварии [2] на промышленных предприятиях, связанные с обрушением

конструкций зданий и сооружений, учащаются, с ущербами в виде человеческих жертв, экономических потерь и вреда окружающей среде [5,6]. В таких условиях особенно остро встаёт вопрос обеспечения механической безопасности [2] устаревших объектов.

Современное понятие слова «мониторинг» - целенаправленная деятельность, связанная с постоянным или периодическим наблюдением, оценкой и прогнозом состояния наблюдаемого объекта. В области эксплуатации зданий и сооружений, мониторинг технического состояния зданий и сооружений, находящихся в ограниченно работоспособном или аварийном состоянии – это система наблюдения и контроля, проводимая по определенной программе для отслеживания степени и скорости изменения технического состояния объекта и принятия, в случае необходимости, экстренных мер по предотвращению его обрушения или опрокидывания, действующая до момента приведения объекта в работоспособное техническое состояние [3]. Задачами данной деятельности являются:

- своевременное обнаружение дефектов в конструкции;
- сбор, обработка и хранение данных технического диагностирования;
- прогнозирование изменения технического состояния конструкций во времени.

Такие вопросы решаются на протяжении нескольких лет и направлены на своевременное обнаружение проблем. Но в сложившейся ситуации, когда здания и сооружения эксплуатируются на протяжении десятилетий, как правило, без текущего и тем более без капитального ремонта [1], необходимо обратить внимание на другую сторону значения слова «мониторинг» и его изначальное

значение (monitor) - напоминающий или предостерегающий. Вот тут и выходит на первый план мониторинг зданий, сооружений и отдельных конструкций признанными по результатам обследования либо экспертизы промышленной безопасности ограниченно работоспособными. Во многих случаях, чтобы не останавливать производство и не закрывать цеха, такая категория технического состояния конструкций, по совокупности дефектов, присваивается конструкциям уже близких к аварийным. В этом случае, мониторинг, в процессе эксплуатации, поможет предотвратить (предупредить) дальнейшее разрушение, внештатную или аварийную ситуацию и дать возможность владельцу продолжить эксплуатацию объекта в штатном режиме без остановки производственного процесса до момента приведения здания, сооружения, в работоспособное состояние. А в некоторых случаях проводить необходимые ремонты в процессе эксплуатации под наблюдением (в течение периода мониторинга).

Отслеживание степени и скорости изменения технического состояния объекта (в частности устаревшего фонда) в условиях *действующего* производства и принятия, в случае необходимости, экстренных мер по предотвращению его обрушения или опрокидывания – является более значимым для решения задач по обеспечению механической безопасности объекта выработавшего свой ресурс.

В связи с этим, на предприятиях, имеющих на балансе объекты, признанные по результатам технического обследования либо экспертизы промышленной безопасности ограниченно работоспособными, необходимо организовывать мероприятия по мониторингу технического состояния, включающие в себя комплекс работ



определенный программой проведения работ и утверждаемой заказчиком.

Предварительным этапом и неотъемлемой частью мониторинга является детальный анализ проектной, исполнительной и эксплуатационной документации, изучение факторов оказывающих влияние на техническое состояние объекта мониторинга (химическое, тепловое, вибрационное и прочие физические воздействия, изменение физических свойств грунта и уровня грунтовых вод и т.д.) [3,4].

Проведение мероприятий по мониторингу, с учетом полученной информации на предварительном этапе,

позволит взвешенно провести наблюдение и контроль за состоянием сооружения, а именно более точно оценить текущие процессы и спрогнозировать будущее состояние объекта. Мониторинг в условиях действующего предприятия позволяет защитить (предостеречь) объект от неконтролируемых процессов развития критических состояний, предупредить внезапное обрушение строительных конструкций и в конечном итоге избежать последствий этих обрушений в виде человеческих жертв, масштабных экономических потерь, и вреда окружающей среде [2].

Литература

1. Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004 №190-ФЗ (с изменениями на 13 июля 2015 года) (с изм. и доп., вступ. в силу с 19.10.2015)// "Парламентская газета", N 5-6, 14.01.2005.
2. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федеральный закон Российской Федерации N 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года (в редакции 02.07.2013г.) //опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 02.07.2013).
3. ГОСТ Р 53778-2010 "Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния"// опубликован в Национальный стандарт РФ.
4. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ». Москва, 1997.
5. А.Н.Добромыслов Диагностика повреждений зданий и инженерных сооружений.- М.:Справочное пособие. Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. -256с.
6. А.Н.Шкинев Аварии в строительстве. -4-е изд., перераб. И доп. М.: Стройиздат, 1984.- 320с., ил.



ПРОБЛЕМЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ СВАРКЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ ГАЗОПРОВОДОВ И СЕДЛОВЫХ ОТВОДОВ

УДК 621.791

Дубинин С.Н.	Эксперт, руководитель экспертного отдела ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Загребин И.А.	Эксперт ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Шилов С.А.	Руководитель ЛНК ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Семенов Е.В.	Ведущий инженер, эксперт ООО «Центр НК»
Крылов С.Н.	Инженер, эксперт ООО «Центр НК» Эксперт Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Зайтов М.Т.	«Промтехэкспертиза»

25.11.2015

Аннотация. В статье рассмотрены причины снижения стабильности качества сварных соединений полиэтиленовых труб соединительными деталями с закладными нагревателями, предложены рекомендации по улучшению качества таких соединений при строительстве газопроводных сетей.

Ключевые слова: газопровод, фитинг с закладным нагревателем, сварное соединение, механические испытания.

Сварка полиэтиленовых труб при помощи соединительных деталей с закладными нагревателями.

В настоящее время известно несколько способов соединения полиэтиленовых труб между собой.

Соединение сваркой является наиболее предпочтительным и более надежным способом соединения полиэтиленовых труб.

Различают два метода сварки: сварка встык нагретым инструментом и сварка при помощи соединительных деталей с закладными нагревателями, так же ее называют муфтовой сваркой.

Сварку при помощи соединительных деталей с закладными нагревателями применяют для соединения полиэтиленовых труб диаметром от 20 мм и выше с любой

толщиной стенки, а также для приварки к трубопроводу седловых отводов.

Сварку полиэтиленовых труб при помощи соединительных деталей с закладными нагревателями следует производить при температуре окружающего воздуха не ниже минус 15°C и не выше плюс 35°C. В случае необходимости проведения сварки при более низких температурах воздуха работы выполняют в укрытиях (палатки, шатры и т.п.) с обеспечением оптимального внутреннего микроклимата зоны сварки. Также место сварки должно быть защищено от воздействия влаги, песка, пыли и атмосферных осадков.

Сварку муфтами с закладными нагревателями рекомендуется производить для:

- соединения длинномерных труб;
- соединения труб с толщиной стенки менее 5 мм;
- ремонта и монтажа трубопровода в стесненных условиях.

Технологический процесс сварки труб с помощью соединительных деталей с закладными нагревателями включает в себя следующую последовательность действий:

1. Подготовка концов труб (очистка от загрязнений, механическая обработка – циклевка свариваемых поверхностей, разметка и обезжиривание).

2. Сборка стыка (установка и закрепление концов свариваемых труб в зажимах центрирующего приспособления с одновременной посадкой детали с закладным нагревателем, подключение детали к сварочному аппарату).

3. Сварка (задание программы процесса сварки, пуск процесса сварки, нагрев и охлаждение соединения).

Механическую обработку поверхности концов свариваемых труб

производят на длину, равную не менее половины длины используемой детали с закладными нагревателями. Она заключается в снятии верхнего слоя полиэтилена толщиной 0,1-0,2 мм с поверхности размеченного конца трубы с помощью ручного или механического скребка, а также снятия фасок для удаления заусенцев. При этом кольцевой зазор не должен превышать 0,3 мм и после сборки стыка на трубах должны быть видны следы механической обработки поверхности.

Свариваемые поверхности труб после циклевки тщательно обезжириваются на глубину половины длины муфты путем протирки салфеткой из хлопчатобумажной ткани, смоченной в уайт-спирите, тангите или в других рекомендованных составах, обезжиривание ацетоном не рекомендуется).

Детали с закладными нагревателями, поставляемые изготовителем в индивидуальной герметичной упаковке и вскрываемой непосредственно перед монтажом, обезжириванию не подлежат.

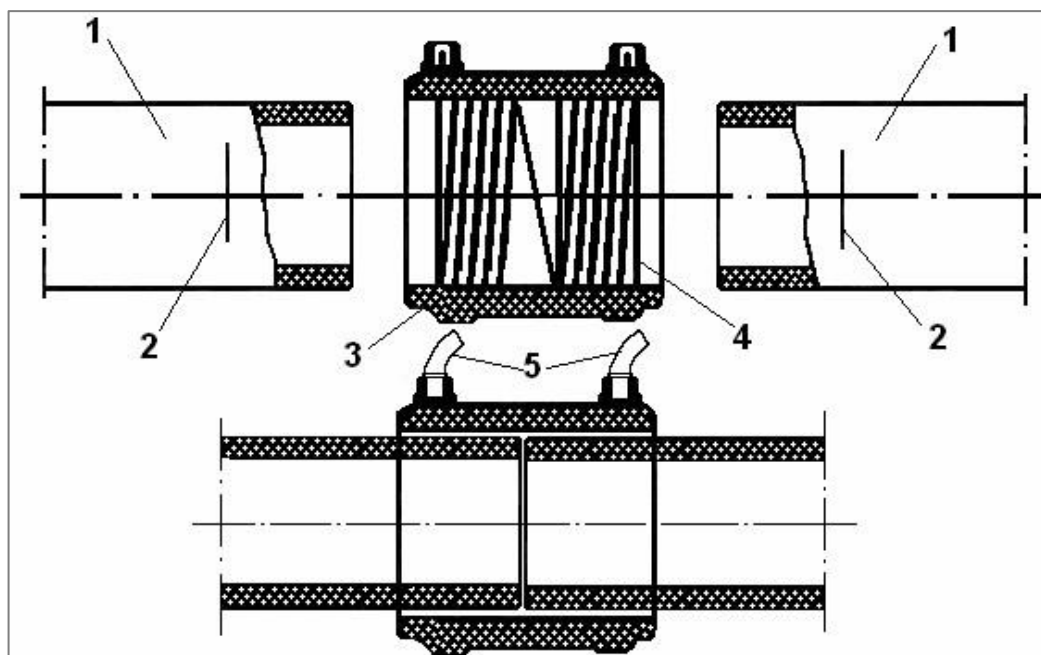


Рис. 2. Схема соединения труб муфтой с закладным нагревателем.

1-труба; 2-метка посадки муфты и механической обработки поверхности трубы; 3-муфта; 4-закладной нагреватель; 5-токоподводящий (сварочный) кабель.

Основные этапы процесса сборки включают:

- надевание муфты на конец первой трубы до совмещения торцов муфты и трубы, закрепление конца трубы в зажиме монтажного приспособления (позиционера);
- установку в упор в торец первой трубы конца второй трубы и закрепление в зажиме монтажного приспособления (позиционера) (Рис. 3);
- продвижение муфты на конец второй трубы на 1/2 длины муфты до упора в зажиме приспособления или до метки, нанесенной на трубу;
- подключение к клеммам муфты токоподводящих проводов от сварочного аппарата.



Рис. 3.

Во избежание повреждения закладных нагревателей (проволочных электроспиралей) надевание муфты на конец трубы или введение конца трубы в муфту производят с осторожностью без больших усилий, перекосов и прокручивания.

Собранные трубы должны быть уложены прямолинейно без изгибов и провисания (Рис. 4), клеммы токоподвода муфты располагают с учетом свободного доступа к ним. Ввод параметров режима сварки в зависимости от производителя муфты и сварочного оборудования возможен несколькими способами:

- неавтоматический, с установкой основных параметров сварки вручную;
- автоматический, путем считывания необходимой информации со штрихкода фитинга или магнитной карты, предоставляемой производителем индивидуально с каждым изделием, или же используя функцию автоматической идентификации «Фьюзмик».

После запуска сварки процесс нагрева соединяемых деталей проходит в автоматическом режиме. Во время сварки и последующего естественного охлаждения необходимо обеспечивают полную неподвижность свариваемых труб.

После завершения сварки соединенные трубы можно перемещать не ранее, чем через интервал времени охлаждения, указанный производителем для каждого типоразмера изделия с закладным нагревателем.



Рис. 4.



Рис. 5.

Сварка седлового отвода.

Сварку трубы и седлового отвода (Рис. 5) производят в следующей последовательности:

- размечают место приварки седлового отвода на трубе (Рис. 6);
- поверхность трубы в месте приварки отвода зачищают ручным или механическим скребком (Рис. 7), а затем обезжиривают;
- привариваемую поверхность седлового отвода, если он поставляется изготовителем в герметичной индивидуальной упаковке, вскрываемой непосредственно перед сборкой, обезжириванию не подвергают;
- седловой отвод устанавливают на трубу (Рис. 8) и если необходимо прикрепляют к ней с помощью механического зажима (Рис. 7). Если труба в зоне приварки седлового отвода имеет повышенную овальность, то перед установкой отвода трубе придают правильную геометрическую форму с помощью калибрующих зажимов, закрепляемых на трубе на расстоянии 15-30 мм от меток. Зажимы снимают только после сварки и последующего естественного охлаждения стыка;
- подключают к контактным клеммам токопровода сварочные провода и производят сварку.

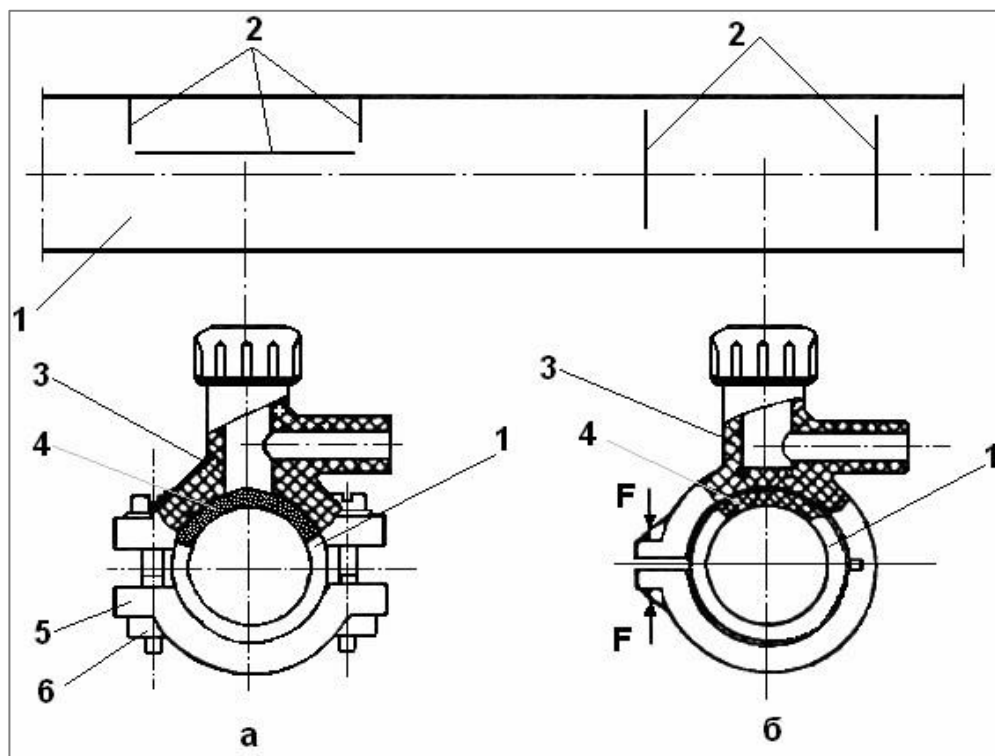


Рис. 6. Схема сварки седловых отводов с закладными нагревателями с трубой:
а - отвод с седловым нагревателем; б - отвод с кольцевым нагревателем.

- 1 - труба; 2 - метки посадки отводов и механической обработки поверхности трубы; 3 - отвод; 4 - закладной нагреватель; 5 - полухомут; 6 - винты крепления;
F - направление усилия сжатия отвода при сборке и сварке.



Рис. 7.



Рис. 8.

Во время сварки и последующего естественного охлаждения обеспечивают

полную неподвижность седлового отвода и трубы.

Фрезерование стенки трубы через технологический патрубок приваренного отвода можно совершать не ранее, чем по истечении интервала времени охлаждения указанного производителем для каждого типоразмера изделия.

Контроль качества сварных соединений полиэтиленовых труб с использованием деталей с закладными нагревателями.

Внешний вид сварных соединений, выполненных при помощи деталей закладными нагревателями, должен отвечать следующим требованиям:

- трубы за пределами соединительной детали должны иметь следы механической обработки (зачистки);
- индикаторы сварки деталей должны находиться в выдвинутом положении;
- угол излома сваренных труб или трубы и соединительной детали не должен превышать 5°;
- поверхность деталей не должна иметь следов температурной деформации или сгоревшего полиэтилена;
- по периметру детали не должно быть следов расплава полиэтилена, возникшего в процессе сварки.

Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных при помощи муфт с закладными нагревателями, приведены в таблице (**Ошибка!**

Источник ссылки не найден.)

Критерии оценки внешнего вида соединений, выполненных при помощи седловых отводов с закладными нагревателями, приведены в таблице (Табл. 2).

Табл. 1.

	<p>Хорошее соединение, деталь плотно охватывает концы свариваемых труб Гладкая поверхность детали без видимых зазоров Причины: Соблюдение технологических операций и параметров сварки в пределах нормы</p>
	<p>Брак. Зазор между муфтой и трубой более 0,5 мм Причины: Чрезмерная обработка поверхности трубы или эллипсность трубы</p>
	<p>Брак. Непараллельность (искривление осей трубы и детали) Более 2,0 мм на длине $L = 3de$ Причины: Недостаточное заглубление концов труб внутрь детали или деформация соединения до его остывания</p>
	<p>Брак. Частичное появление расплава полиэтилена по торцам детали. Причины: Сдвиг трубы в процессе сварки или смещение спирали</p>
	<p>Брак. Индикаторы сварки в исходном положении Причины: Недостаточное время сварки или недостаточное напряжение, подаваемое на спираль детали</p>

	<p>Брак. Местное расплавление поверхности детали</p> <p>Причины: Чрезмерные время нагрева или напряжение питания</p>
--	--

Табл. 2.

	<p>Хорошее соединение, отвод плотно облегает поверхность трубы. Гладкая поверхность отвода без искривлений и зазоров</p> <p>Причина: Соблюдение технологических операций и параметров сварки в пределах нормы.</p>
	<p>Брак. Зазор между охватывающей частью седлового отвода и трубой более 0,5 мм</p> <p>Причина: Чрезмерная обработка поверхности трубы или недостаточное усилие прижатия отвода</p>
	<p>Брак. Температурная деформация наружной поверхности отвода. Появление гофра на поверхности</p> <p>Причины: Чрезмерное время нагрева или напряжения питания</p>

Результаты внешнего осмотра сварных соединений, выполненных при помощи деталей с закладными

нагревателями считают положительными, если они отвечают всем вышеперечисленным требованиям и

критериям оценки дефектов, приведенным в таблицах 3 и 4.

Пути повышения надежности сварных соединений седельных отводов с трубой

В целом сварные соединения, выполненные при помощи деталей с закладными нагревателями, достаточно надежны в эксплуатации, главным образом из-за того, что соединения в силу конструкции соединительных деталей, как правило, не несут существенной механической нагрузки. Особенности конструкции таких соединительных деталей не позволяют осуществлять неразрушающий контроль их сварных соединений физическими методами. В то же время изучение вопроса механической прочности таких соединений представляет определенный практический интерес, поскольку такие соединения в процессе эксплуатации газопроводов могут подвергаться силовым нагрузкам, например, при подвижках грунта, при работе седловых отводов в качестве отсекающих задвижек и т.п.

Механические показатели соединений трубы с помощью муфт, согласно нормативным документам, определяются испытанием на сплющивание, а седловых отводов при испытании на отрыв, с фиксацией характера отслоения и значений усилий отрыва. При этом величина предельного значения усилия отрыва не регламентируется.

Поскольку цена соединительных деталей с закладными нагревателями достаточно высока, проведение экспериментов, связанных с механическими испытаниями таких деталей, является весьма дорогостоящим процессом. Поэтому данные эксперименты были выполнены путем анализа результатов механических испытаний образцов, сваренных при

допускных испытаниях сварщиков в аттестационном центре системы НАКС. Контроль соблюдения условий сварки и параметров режима осуществляли наблюдением за выполнением операций сварщиками, а также по распечаткам цикла сварки, выдаваемым сварочным аппаратом. Общий объем анализа результатов механических испытаний составил около 60 образцов муфтовых соединений и 30 образцов соединений седловых отводов. Испытаниям подвергались муфтовые соединения труб диаметром 63 и 110 мм с SDR11 с помощью муфт и седельных отводов производства ОАО «Сибгазаппарат» и фирмы «Фриатек».

Анализ результатов испытаний названных соединений муфт на сплющивание показал достаточную стабильность качества соединений, в то время как при испытаниях седельных отводов на отрыв был отмечен значительный разброс качества соединений и отсутствие закономерностей в значениях усилия отрыва, при отсутствии отклонений параметров режима сварки и условий выполнения сварного соединения.

Кроме того, были проведены дополнительные испытания седловых отводов на динамическое нагружение (стойкость к удару) соединений срезающей нагрузкой, которые также показали высокий процент хрупкого отслоения соединительных элементов от трубы.

Как показал анализ выполненных экспериментов, причиной нестабильности прочностных показателей сварных соединений трубы с седловым отводом, на наш взгляд является отличие условий образования соединений от, казалось бы, подобных им при сварке с помощью муфт с закладными нагревателями.

Основной гарантией получения качественного сварного соединения при стыковой сварке нагретым инструментом

является организация и осуществление направленного течения расплава полимера из плоскости стыка. В процессе течения расплава происходит выдавливание из плоскости стыка окисленных слоев и перемешивание на макро и микроуровнях, вступающих в контакт расплавленных слоев соединяемых заготовок, в процессе совместного остывания которых и образуется сварное соединение со стабильными прочностными параметрами.

В случае сварки с применением муфт с закладными нагревателями, условия для перемешивания расплава за счет макропотоков существенно сокращается. Тем не менее, возможности для перемешивания расплава в микрообъемах остаются за счет того, что при сборке деталей (муфт), согласно правилам, отработанным на многочисленных опытах в зарубежной и отечественной практике, между наружной поверхностью труб и внутренней поверхностью муфты, оставляется зазор в пределах 0,1 - 0,3 мм. который определяется требованием свободного совмещения деталей от руки [2]. При таком условии сборки в процессе нагрева труб от излучения закладного элемента. труба вначале расширяется в местах контакта с нагревателем, приобретая, благодаря наличию в муфте трех «холодных» зон, криволинейную (бочкообразную) форму по образующей трубы. В результате создаются условия для микротечений расплава от середины «горячих» зон к «холодным».

При нарушении этих условий, например, при слишком плотном исходном контакте трубы и муфты, расплав выдавливается из зоны соединения с последующим образованием в плоскости соединения растягивающих напряжений, которые в условиях длительной эксплуатации могут привести к нарушению герметичности сварного соединения.

Превышение же исходного зазора более 0,5 мм приводит к снижению глубины проплавления стенки трубы и уменьшению микропотоков перемешивания, что может быть обнаружено лишь при механических испытаниях соединения (на сплющивание). Точное же соблюдение указанных правил сборки позволяет получать достаточно стабильное качество муфтовых сварных соединений.

Еще более сложными получаются условия образования соединений при сварке трубы и седлового отвода с закладным нагревателем. При таком соединении, перед сваркой седловой отвод удерживается на поверхности трубы с помощью механической фиксации специальными струбцинами или хомутами, предусмотренными конструкциями отводов. В этом случае поверхность седелки с закладным нагревателем прижимают к наружной поверхности трубы, что существенно снижает возможности перемешивания расплава в плоскости соединения даже на микроуровне. Кроме того, конструкции крепления седелки зачастую допускают неравномерное прижатие соединяемых поверхностей трубы и седелки. В результате, составляющая мнкрореологических процессов образования соединения существенно снижается, а для полного протекания диффузионных процессов в плоскости соединения рекомендуемого времени сварки недостаточно.

В связи с этим для повышения стабильности механических показателей сварного соединения при выполнении сварки седельного отвода могут быть рекомендованы следующие мероприятия:

- обеспечить более тщательную зачистку поверхности трубы от окисленных поверхностных слоев трубы, а также прилежащих к ним слоев с деформированной в процессе



- экструзии структурой;
- при закреплении присоединяемой детали к трубе необходимо обращать внимание на обеспечение равномерности распределения усилия прижатия по всей поверхности касания;
- для проверки совпадения радиусов кривизны внутренней поверхности детали и наружной поверхности трубы, после ее зачистки следует применять специальные шаблоны.

Литература

1. Влияние реологических процессов в контактной зоне на качество сварных соединений труб из термопластов / Зайцев К.И., Бухин В.Е. - Строительство трубопроводов. 1972. - №7.
2. СП 42-103-2003. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов / ЗАО «Полимергаз», 2003.
3. Соколов В.А., Красников М.А. Вопросы оценки качества сварки полиэтиленовых труб с применением муфт с закладными нагревателями / Соколов В.А., Красников М.А. - Трубопроводы и экология. 2004. - №2.



ПРЕИМУЩЕСТВО ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

УДК 69.059.2

Одайкин А.П.	Ведущий инженер экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Муравьев В.С.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Коннова Е.Ю.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Нарожный А.Д.	Инженер 1 категории экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Блатов А.А.	Эксперт отдела экспертизы промышленной безопасности зданий и подъемных сооружений Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

25.11.2015

Аннотация. В статье рассматривается вопрос о технической эксплуатации здания и преимуществах текущего ремонта.

Ключевые слова: физический износ, текущий ремонт, капитальный ремонт, работоспособное состояние конструкций, техническая эксплуатация.

С течением времени здания и сооружения подвергаются физическому и моральному износу.

Моральный износ – понятие, при котором усовершенствование технологий требует технического перевооружения, вследствие чего архитектурно-планировочная компоновка здания или сооружения перестает удовлетворять необходимым требованиям.

Физический износ – утрата элементами конструкций здания или сооружения своих первоначальных эксплуатационных качеств в результате возникновения или накопления неисправностей, обуславливающих

частичную или полную потерю ими заданных функций.

И тот и другой вид износа происходит с течением времени. И если моральный износ фактически остановить невозможно, то физический – наоборот, возможно и необходимо предупредить. Физический износ предупреждается поддержанием строительных конструкций в исправном либо работоспособном состоянии, а для этого необходима правильная техническая эксплуатация здания (сооружения). Понятие «техническая эксплуатация» подразумевает проведение комплекса мероприятий, обеспечивающих безотказную работу всех элементов здания в

течение срока службы, установленного нормами, и включающего в себя:

- техническое обслуживание (обеспечение нормативных режимов и параметров, наладку инженерного оборудования, технические осмотры несущих и ограждающих конструкций зданий).
- систему ремонтов (текущий и капитальный ремонт);
- санитарное содержание (уборка помещений, содержание прилегающей территории).

Технические осмотры несущих и ограждающих конструкций являются подготовительной базой для текущих и капитальных ремонтов, позволяющей планировать ремонтные работы. Подробнее остановимся на системе ремонтов, как на более значимом аспекте в процессе предупреждения физического износа.

Понятие «капитальный ремонт» обозначено в п.14.2, статья 1 Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ и подразумевает замену и (или) восстановление строительных конструкций объектов капитального строительства или элементов таких конструкций, за исключением несущих строительных конструкций. Текущий же ремонт заключается в систематически и своевременно проводимых работах по предохранению частей зданий от преждевременного износа и по устранению возникших мелких повреждений и неисправностей без существенного изменения капитальных конструкций и инженерных систем.

Литература

1. Градостроительный кодекс РФ (с изменениями на 13 июля 2015 года), (редакция действующая с 19 октября 2015 года).
2. Федеральный закон РФ от 30 декабря 2009г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» - «Собрание законодательства РФ», 04.01.2010, N 1, ст. 5.

Проведение капитального ремонта требует глобальной подготовки в плане разработки проектов по восстановлению, замены конструкций (с проведением расчетов несущей способности при замене типа используемого материала) с разработкой проекта производства работ, включающего в себя мероприятия по полному или частичному демонтажу конструкций, и соответственно значительных единовременных финансовых вложений.

В отличие от капитального ремонта, текущий ремонт выполняется в более короткие сроки, не требует существенного перерасчёта проекта здания или сооружения и, как следствие, не требует больших финансовых затрат.

Подытоживая вышесказанное: текущий ремонт обладает рядом преимуществ перед капитальным ремонтом по следующим моментам:

- 1) масштабом работ,
- 2) меньшими финансовыми затратами,
- 3) периодичностью проведения,
- 4) текущий ремонт, в отличие от капитального, осуществляется без остановки производства.

Собственнику здания или сооружения, целесообразнее систематически проводить текущий ремонт. Это позволит длительное время сохранять конструкции здания в исправном, либо в работоспособном состоянии без капитальных вложений и остановки производства отодвигая дату капитального ремонта, а в некоторых случаях полностью избегая его.



3. Техническая эксплуатация зданий: учебник / Г.А. Порывай. – М.: Стройиздат, 1990. – 369с.
4. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений: Справочное пособие/ М.Д.Бойко, А.И. Мураховский и др.; под ред. М.Д.Бойко, - М.:Стройиздат, 1993,-208л. с ил.

АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ШАРОВЫХ РЕЗЕРВУАРОВ И ГАЗГОЛЬДЕРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННЫХ ГАЗОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

УДК 620.179.1

Артемов А.В.

Начальник отдела экспертизы технических устройств Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

Зайтов М.Т.

Эксперт Нижне-Волжского филиала
ООО «Промтехэкспертиза»

26.11.2015

Аннотация. В данной статье рассмотрен акустико-эмиссионный метод контроля резервуаров, поясняется о физической сущности метода, способах контроля и областях применения данного метода.

Ключевые слова: акустико-эмиссионный метод контроля резервуаров, преимущества и недостатки акустико-эмиссионного метода, физическая сущность.

Шаровые резервуары (рис. 1) и газгольдеры – специальные ёмкости для хранения жидкого аммиака и сжиженных углеводородных газов. Они являются потенциально опасными объектами поэтому особенно важно контролировать целостность и дефектность резервуаров.



Рис. 1. Шаровой резервуар.

Дефекты, которые возникают и развиваются в материале в период эксплуатации, вызывают концентрацию деформаций. Если во время нагружения

локальная деформация перенапряжения, вызванная присутствием дефекта, превышает пороговый для эмиссии уровень, возникает акустическая эмиссия. Чем выше деформация, вызванная дефектом, тем выше уровень эмиссии и тем ниже уровень нагрузки, при котором она появляется. Суммарная энергия эмиссии является мерой опасности дефекта. Дефект, расположенный в более напряженном месте объекта, вызывает больший уровень концентрации напряжений и большую эмиссию, чем аналогичный дефект, находящийся в менее нагруженном участке. С точки зрения структурной целостности объекта дефект, находящийся в более нагруженном участке более опасен, чем аналогичный дефект в менее нагруженном участке. Акустико-эмиссионные испытания позволяют устанавливать это различие [1]. Метод акустической эмиссии (АЭ) обеспечивает выявление развивающихся дефектов посредством регистрации и анализа акустических волн, вызванных локальным изменением структуры материала. С помощью акустико-



эмиссионного контроля (АЭК) можно обнаружить нахождение дефектов таких как: трещины, расслоения, коррозии, водородное охрупчивание, различные дефекты сварных швов, утечек и т.д.. Согласно НТД [2,3,4,5] при обследовании шаровых резервуаров АЭК можно не применять, а его применение в некоторых случаях подвергается критике по следующим положениям:

1) АЭК при низких нагрузках служит только как информационный инструмент, потому что могут фиксироваться параметры, которые находятся в пределах допустимых значений.

2) В настоящее время для оценки данных по результатам АЭК не существует информационной базы, доступной широкому кругу пользователей.

Но, конечно же, достоинств проведения обследования методом АЭ значительно больше:

1) Применение традиционных неразрушающих методов требует увеличения по объёму обследуемого объекта, что, как очевидно, является весьма проблематичным. От этого во многом зависит подход к проводимому контролю и ограничения, которые на него накладываются. Снять в данном случае остроту проблемы становится возможным при применении АЭК. Применение метода АЭ при оценке технического состояния опасных производственных объектов позволяет контролировать объект в полном объеме, включая труднодоступные и недоступные участки (подземные трубопроводы, объекты в изоляции, резервуары, колонное и емкостное оборудование).

2) Использование метода АЭ значительно сокращает время проведения диагностических работ и экономит средства, затрачиваемые на их проведение и вывод из эксплуатации

оборудования. Например, в случае применения при установке преобразователей промышленного альпинизма или просто лестниц - значительно упрощается и сокращается подготовительный период, предшествующий проведению АЭК, потому что исключается возведение дорогостоящих стационарных или передвижных секционных лесов.

3) В рамках метода АЭ решается задача определения зон с повышенными параметрами акустической эмиссии, что дает возможность сужения границ применения других видов контроля. Так же АЭК способствует выделению дискретных дефектов в сварных швах с высоким уровнем остаточных напряжений.

Рассмотрим пример: при проведении контроля шарового резервуара были выявлены 7 активных зон. Не принимая во внимание данные АЭК, проверка зон - сварных швов - альтернативными методами (цветная и ультразвуковая дефектоскопия и ВИК) установила недопустимые дефекты, в 4 зонах, т.е. в зонах активности акустической эмиссии. В 3 случаях было зафиксировано практически полное совпадение результатов.

Полное техническое обследование шарового резервуара проводится в целях оценки его технического состояния по совокупности диагностируемых параметров для выработки рекомендаций об условиях его дальнейшей безопасной эксплуатации с вероятным остаточным ресурсом, о сроках и уровнях последующих обследований либо о необходимости проведения ремонта или исключения его из эксплуатации [3].

Для каждого исследуемого объекта разрабатывается персональная программа для работы по АЭ методу. Поэтому перед проведением АЭК исполнитель должен тщательно изучить объект контроля. При составлении



технологии контроля необходимо иметь следующие данные: акустические свойства материала и контролируемого объекта, включая необходимые для выполнения АЭ контроля скорости и коэффициенты затухания волн, импедансы материалов; требуемые для контроля АЭ свойства материала объекта; параметры объекта как акустического канала. Метод АЭ реализуется в процессе активного нагружения контролируемого объекта. Для проведения АЭК к объекту контроля должны быть приложены статическое и/или динамические нагрузки повышением давления при гидравлических или пневматических испытаниях, либо должны быть созданы поля напряжений механическим нагружением объекта [5].

До проведения испытаний объекта, находящегося в эксплуатации, необходимо в обязательном порядке иметь информацию:

- о максимальном действующем (рабочем) давлении или нагрузке в течение последнего года;
- об испытательном давлении.

Метод АЭ реализуется в процессе активного нагружения контролируемого объекта, которое производится после выполнения подготовительных и настроечных работ.

При нагружении объекта контроля внутренним давлением его максимальное значение - испытательное давление ($P_{исп}$) должно превышать разрешенное рабочее давление - эксплуатационную нагрузку ($P_{раб}$) не менее чем на 5-10 %, но не превышать пробного давления ($P_{пр}$) определяемого по формуле:

$$P_{пр} = ap \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}$$

где P - расчетное давление сосуда, МПа (кгс/см^2);

$[\sigma]_{20}$, $[\sigma]_t$ - допускаемые напряжения для материала сосуда или его

элементов соответственно при 20 °С и расчетной температуре, МПа (кгс/см^2);

$a = 1,25$ для всех сосудов, кроме литых;

При АЭ контроле резервуаров для хранения нефти, нефтепродуктов и других жидких сред используют максимальную величину нагрузки, равную $P_{исп} = 1,05 P_{раб}$.

Испытания объекта подразделяют на предварительные и рабочие. Предварительные испытания проводят при циклическом нагружении в диапазоне давлений 0-1/4 $P_{раб}$ с целью исследования объекта контроля как акустического канала, устранения источников шумов и проверки чувствительности используемых каналов аппаратуры. При рабочем испытании нагружение рекомендуется проводить ступенями, с выдержками давления на уровне 0,5 $P_{раб}$; 0,75 $P_{раб}$; 1,0 $P_{раб}$. Время выдержки на промежуточных ступенях должно, как правило, составлять 10 мин. [6]

Регистрация давления и температуры (при ее изменении) ведется в течение всего цикла подъема и сброса нагрузки. Давление должно контролироваться непрерывно с погрешностью ± 2 % максимального испытательного давления. Шкала аналогового манометра должна иметь максимальное значение не меньше чем 1,5 и не больше 5-кратного значения испытательного давления. Погрешность цифрового прибора не должна превышать 1 % испытательного давления.

Испытания прекращаются досрочно в случаях, когда регистрируемый источник АЭ достигает класса IV. К I классу опасности относятся пассивные источники. При выявлении таких источников рекомендуется проводить периодический АЭК для анализа динамики их развития. При выявлении источников II и III класса

опасности проводится дополнительный контроль с использованием других методов с целью уточнения характера и расположения. К IV классу относятся источники для которых после снижения нагрузки и прекращения испытаний подтверждены дефекты, препятствующие дальнейшему безопасному эксплуатированию оборудования [5].

При положительной оценке технического состояния объекта по результатам АЭ контроля или отсутствию зарегистрированных источников АЭ применение дополнительных видов неразрушающего контроля не требуется. Если интерпретация результатов АЭ

контроля неопределенна, рекомендуется использовать дополнительные виды неразрушающего контроля.

В целях оказания методической помощи предприятию, имеющему в своем распоряжении резервуар, нуждающийся в обследовании, специалисты ООО «Промтехэкспертиза» сделали ряд АЭ исследований при пневматическом испытании объекта, с целью обнаружения дефектов. Обследование объекта проведено с использованием соответствующей современным требованиям системы акустико-эмиссионного контроля СДС 1008 (рис. 2).

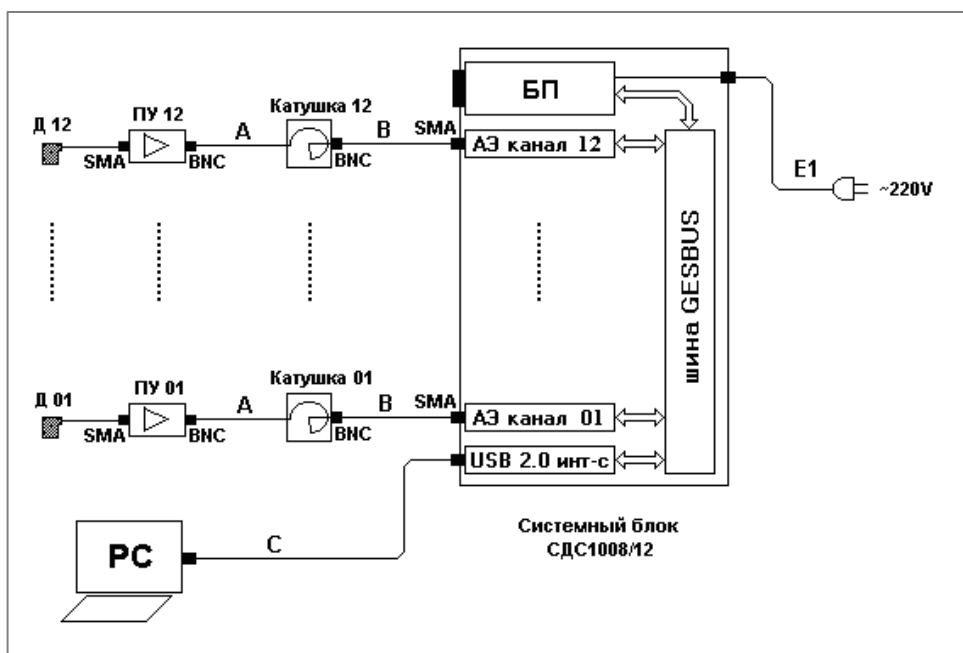


Рис. 2. Блок схема АЭ системы СДС 1008.

Акустико-эмиссионная система СДС-1008 представляет собой аппаратно-программный комплекс для регистрации, обработки и анализа акустико-эмиссионных сигналов. Система построена по принципу параллельной многоканальной цифровой регистрации параметров АЭ сигналов. Каналы регистрации акустико-эмиссионных сигналов идентичны по своим техническим характеристикам и

включают:

- 1. Пьезоэлектрический преобразователь (датчик) АЭ GT200.**



Рис. 3. АЭ датчик GT200.



Преобразователи сигналов акустической эмиссии типов GT200 перекрывают частотный диапазон, используемый для неразрушающего контроля в промышленности. Для работы в особых условиях (высоких температур, под водой и т.п.) поставляются преобразователи акустико-эмиссионных сигналов, изготовленные по специальному заказу [6].

Основные технические характеристики ПАЭ:

- коэффициент электроакустического преобразования при действии продольной волны на частоте 180 кГц - 65...68 дБ отн. 1В/м/с;
- рабочий частотный диапазон - 100...500 кГц;
- электрическая емкость - 350 пФ;
- температурный диапазон - минус 60...плюс 120 °С.

2. Предварительный усилитель АЭ сигналов 1008_PA40. Основные технические характеристики:

- коэффициент усиления - 20/40 дБ;
- диапазон усиливаемых частот - 50...2500 кГц;
- неравномерность частотной характеристики в рабочей полосе частот - 1 дБ;
- полосовые фильтры - 100...1000 кГц;
- уровень собственных электрических шумов, приведенных ко входу усилителя - 3 мкВ (среднеквадратичное значение RMS).

3. Цифровой блок регистрации и измерения параметров АЭ сигналов.

Основные технические характеристики АЭ системы СДС 1008/16:

- входное сопротивление каналов - 50 Ом;
- разрядность АЦП - 14 бит;
- время преобразования АЦП - 100 нс;
- цифровой процессор обработки сигналов - ADSP-2185;
- диапазон регистрируемых частот - 50...2500 kHz.

Значения коэффициента усиления для всех каналов одинаково и составляет 34 дБ в ходе испытаний параметры не изменялись.

Объектом исследования является сосуд - аккумулятор кристаллизатора типа КАС - основные технические характеристики которого приведены в таблице 2 (в документах таблицы нет). АЭК выполнялся после освобождения сосуда от рабочей среды. Для того, чтобы внешние факторы, влияющие на результат исследования, были сведены к минимуму исследование проводилось в ночное время суток. Температура окружающей среды, рабочего тела (азот) и материала объекта совпала и составила 0...5°С. Электромагнитные помехи и вибрации, которые так же могли повлиять на результаты исследования, отсутствовали.

В связи с технологическими особенностями оборудования и сжатыми сроками проведения испытаний были расстановлены преобразователи АЭ (ПАЭ) в линейную локацию. В работе использовалось 2 преобразователя типа GT 200 (рис.3), которые были установлены непосредственно на поверхности объекта. Проверку работоспособности АЭ системы выполняли сразу после установки ПАЭ на контролируемый сосуд, а также после проведения испытаний, путем возбуждения акустического сигнала АЭ имитатором, расположенным на определенном расстоянии от каждого ПАЭ. В качестве имитатора сигналов АЭ использовали источник Су-Нильсена (излом графитового стержня диаметром 0,3...0,5 мм, твердостью 2Т(2Н)). Отклонение зарегистрированной амплитуды сигнала АЭ, при калибровке, не превышало 3 дБ от средней величины для всех каналов.

В процессе испытаний сосуда была получена следующая информация:

- эмиссия в процессе выдержек под нагрузкой составляла не более 2 импульсов на каждый ПАЭ;
- скорость счёта – не более 200 выбросов, при превышении эксплуатационного уровня давления на 5 %;
- амплитуда эмиссии не росла в процессе роста нагрузки;
- активность не росла в процессе роста нагрузки;
- непрерывной АЭ не зафиксировано.

Так же был получен график АЭ активности (рис.4). Отклонений от Программы проведения АЭК и необычных явлений при испытаниях не зафиксировано.

Установлено, что развивающихся трещин и нарушений целостности

корпуса не выявлено. Это значит, что объект, подверженный испытанию, может эксплуатироваться. Но не стоит забывать о регулярной проверке аналогичных сосудов, в целях собственной безопасности и безопасности окружающей среды.

Целесообразность применения метода АЭ для обследования резервуара доказывается опытным путем. В качестве основного преимущества выступает возможность обеспечения стопроцентного контроля всей ёмкости за один цикл измерений. Таким образом, на основе всего сказанного, можем сделать вывод, что АЭК является необходимым обследованием для получения достоверной информации о техническом состоянии объекта.

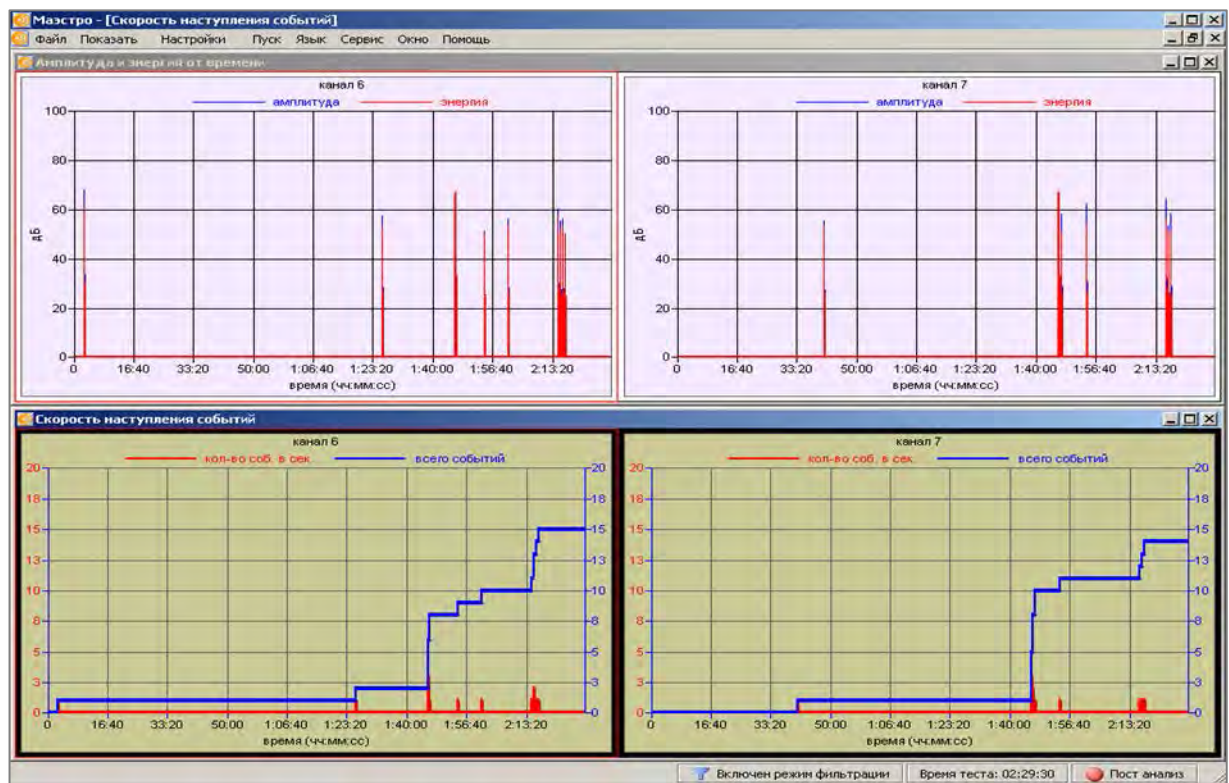


Рис. 4. Акустико-эмиссионная активность при испытании сосуда.

Литература

1. Акустико-эмиссионный контроль. Др. А.А. Поллок, авторская перепечатка из книги *Металлы (Metals Handbook)*, 9-ое издание, т. 17, ASM Int., 1989, с. 278-294.
2. РД 03-299-99. «Требования к акустико-эмиссионной аппаратуре, используемой для контроля опасных производственных объектов».



3. РД 03-380-00. «Инструкция по обследованию шаровых резервуаров и газгольдеров для хранения сжиженных газов под давлением».
4. РД 03-421-01. «Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного срока службы сосудов и аппаратов».
5. ПБ-03-593-03 «Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов».
6. Иванов В.И., Бигус Г.А., Власов И.Э. Акустическая эмиссия. Учебное пособие. – М: Спектр, 2011. -192 с.



НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НА ОБЪЕКТАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

УДК 620.179

Одайкин А.П.	Ведущий инженер экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Муравьев В.С.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Коннова Е.Ю.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Орлов А.В.	Начальник ЛНК ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность», эксперт (ООО «ПЭБ»)
Зайтов М.Т.	Эксперт Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

26.11.2015

Аннотация. В статье рассматривается вопрос применения неразрушающего контроля на объектах действующего промышленного производства.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, действующее производство.

При эксплуатации опасных производственных объектов существует необходимость контроля безопасности [4] технических устройств, конструкций зданий и сооружений для предотвращения возможных инцидентов и аварийных ситуаций. По мере развития производства и усложнения технологического процесса возрастает и количество параметров, по которым ведется контроль.

Контроль качества объекта заключается в проверке соответствия его показателей качества установленным требованиям [4]. Определение такого соответствия до недавнего времени опиралось полностью на методы разрушающего контроля. На практике они показали себя очень трудоемкими и дорогостоящими, с высокими показателями брака.

Традиционные методы разрушающего контроля для оценки состояния объекта требуют непосредственного вмешательства в конструкцию – отбор контрольных образцов [2], динамические испытания, испытания на разрыв, усталость и др. Применение подобных методов приводит не только к остановке эксплуатации объекта, но и к возможным разрушениям, выводу из строя испытываемых конструкций.

Оценить состояние объекта, не прибегая к остановке производства и не нарушая целостности системы, можно благодаря методам неразрушающего контроля.

Неразрушающий контроль (далее НК), как оценка надежности конструкций объекта без непосредственного их разрушения, с развитием действующих и новых методов зарекомендовал себя как

один из важных элементов промышленной безопасности, не раз доказывая на практике свою высокую эффективность.

Целью системы неразрушающего контроля является повышение уровня безопасности при эксплуатации технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах. Достигается это благодаря повышению достоверности, воспроизводимости, сопоставимости результатов, полученных с помощью методов неразрушающего контроля, а также на основе этих результатов принятия своевременных мер по обеспечению промышленной безопасности [5].

Система неразрушающего контроля для диагностирования состояния устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах предполагает использование оптимальных методов, принятых в согласованной программе обследования [4].

Методы неразрушающего контроля разнообразны и имеют свои уникальные особенности и преимущества по сравнению с разрушающими методами. Вот некоторые из широко применяемых методов НК: магнитные, электрические, вихретоковые, радиоволновые, тепловые, оптические, радиационные, акустические, пронизывающими веществами.

К преимуществам таких методов можно отнести:

- отсутствие физического разрушающего воздействия, вследствие которого конструкция может потерять несущую способность;
- минимальное время подготовки к испытанию;
- испытание и отслеживание изменения параметров во время эксплуатации без остановки или

прерывания технологического процесса;

- возможность детектирования микродефектов;
- применение нескольких методов для испытания одной конструкции;
- экономичность;
- возможность исследования объекта как целостной системы или отдельной конструкции, вызывающей наибольшее подозрение.

Вышеуказанные преимущества позволяют упростить или частично автоматизировать [2] процесс диагностирования и вести постоянное наблюдение за состоянием объекта.

В настоящее время технологические процессы внедряются в промышленность с соответствующей системой неразрушающего контроля. Применение методов неразрушающего контроля и оптимальный их порядок устанавливается на каждом конкретном производстве исходя из требований по надежности, производительности и специфических условий эксплуатации. Высокая эффективность применения методов неразрушающего контроля обеспечивается лишь в том случае, если контроль проводят высококвалифицированные специалисты. Такие специалисты должны быть как на производстве, так и в сторонних экспертных организациях, проводящих периодическое обследование. Помимо этого, методы неразрушающего контроля позволяют получить ряд дополнительных преимуществ – исключить затраты на дорогостоящее оборудование для разрушающего контроля, сократить объем и сроки, снизить трудоемкость контрольных операций.

При строгом соблюдении установленных инструкций в применении методов неразрушающего контроля ошибки минимизируются, и вопрос качества уходит на второй план,



выявляя такие проблемы как безответственность и нарушение инструкций.

Неразрушающий контроль ввиду своих преимуществ может проводиться непрерывно, что позволяет вовремя выявлять скрытые дефекты и своевременно проводить ремонт. Также на основании полученных параметров (физико-механических характеристик) контроля можно говорить не только о качестве применяемых материалов в конструкциях, но и о способности конструкции воспринимать действующие нагрузки.

Новые технологические требования, стандарты на промышленном производстве ставят задачи по улучшению работы устройств и сооружений, увеличению их эксплуатационных характеристик. Подобные задачи влияют на проектные решения, что приводит к замене узлов на

более совершенные с высокими показателями надежности [1].

Особое внимание, с точки зрения обеспечения надежности и прогнозирования остаточной работоспособности, уделяется повышению эффективности применения методов неразрушающего контроля. Это, прежде всего, относится к объектам, отработавшим свой нормативный срок службы, а таких сегодня выявлено большинство, и его замена требует значительных капиталовложений.

Таким образом, качественный анализ состояния и поведения конструкций на основании полученных данных методами неразрушающего контроля, своевременный ремонт или замена на новые конструкции с применением современных материалов продлевают срок эксплуатации объекта в целом, и повышают уровень безопасности [4] на производстве.

Литература

1. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий. (утв. Постановлением Госстроя СССР от 29.12.1985 N 263)//опубликован ЦИТП Госстроя СССР 1986.
2. ГОСТ 16504-81 Испытания и контроль качества продукции// опубликован в 2003г., ИПК Издательство стандартов.
3. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. Санкт-Петербург, 1998 г.// опубликован в Центре качества строительства № 1998.
4. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон №116-ФЗ от 21.07.1997 года (в ред. от 13.07.2015г)// опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 13.07.2015).
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности в химической, нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности» (утверждены приказом РТН №584 от 15.10.2012 года) //опубликован 25 марта 2013 г. на Интернет-портале "Российской Газеты" <http://www.rg.ru>.



ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ В ЭКОНОМАЙЗЕРАХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОТЛОВ

УДК 621.1.016.4

Дубинин С.Н.	Эксперт, руководитель экспертного отдела ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Загребин И.А.	Эксперт ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Шилов С.А.	Руководитель ЛНК ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Семенов Е.В.	Эксперт, ведущий инженер ООО «Центр НК»
Крылов С.Н.	Эксперт, инженер ООО «Центр НК»
Артемов А.В.	Эксперт начальник отдела Нижне-Волжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

26.11.2015

Аннотация. В статье дается общая информация о применении экономайзеров в котельных, более подробно рассмотрены чугунные экономайзеры системы ВТИ. Описана эффективность использования оребренных труб в экономайзерах данного типа, по сравнению с гладкими.

Ключевые слова: котлы, экономайзеры, котельные, трубы.

Для уменьшения температуры уходящих газов и снижения потерь теплоты паровых и водогрейных котлов (а, следовательно, для повышения величины коэффициента полезного действия котельной установки) применяются экономайзеры, в которых нагревается питательная вода (паровые котлы) или теплофикационная (водогрейные). В паровых котельных водяные экономайзеры устанавливаются как на питательной, так и на сетевой воде; однако в последнем случае необходимо обеспечить их постоянную сезонную (для отопительных котельных) или круглогодичную (для отопительно-производственных котельных) загрузку. В водогрейных котельных экономайзеры устанавливаются на сетевой воде.

Экономайзеры бывают индиви-

дуальные и групповые. Как правило, следует устанавливать индивидуальные экономайзеры, так как они работают более равномерно и с меньшим избытком воздуха. Групповые экономайзеры, как правило, устанавливаются в котельных установках с постоянной или маломеняющейся тепловой нагрузкой, с котлами, конструктивные особенности которых, например, котлов ВГД и т. п., создают затруднение для установки индивидуальных экономайзеров, и, наконец, котлами паропроизводительностью менее 2,5 т/ч.

Водяные экономайзеры изготавливаются чугунными и стальными. Чугунные экономайзеры состоят из отдельных типовых элементов ребристых труб и устанавливаются к котлам, работающим с давлением до 2,4 МПа.

Стальные экономайзеры сваривают из стальных труб диаметром 28 - 38 мм в виде змеевиков, комплектуют в отдельные пакеты и устанавливают к котлам с давлением более 2,4 МПа. В настоящее время наиболее распространенными являются водяные

экономайзеры системы Всесоюзного теплотехнического института (ВТИ) (Рис. 9). Их собирают из чугунных ребристых труб (а) различной длины, соединяемых между собой специальными фасонными частями - калачами (б).

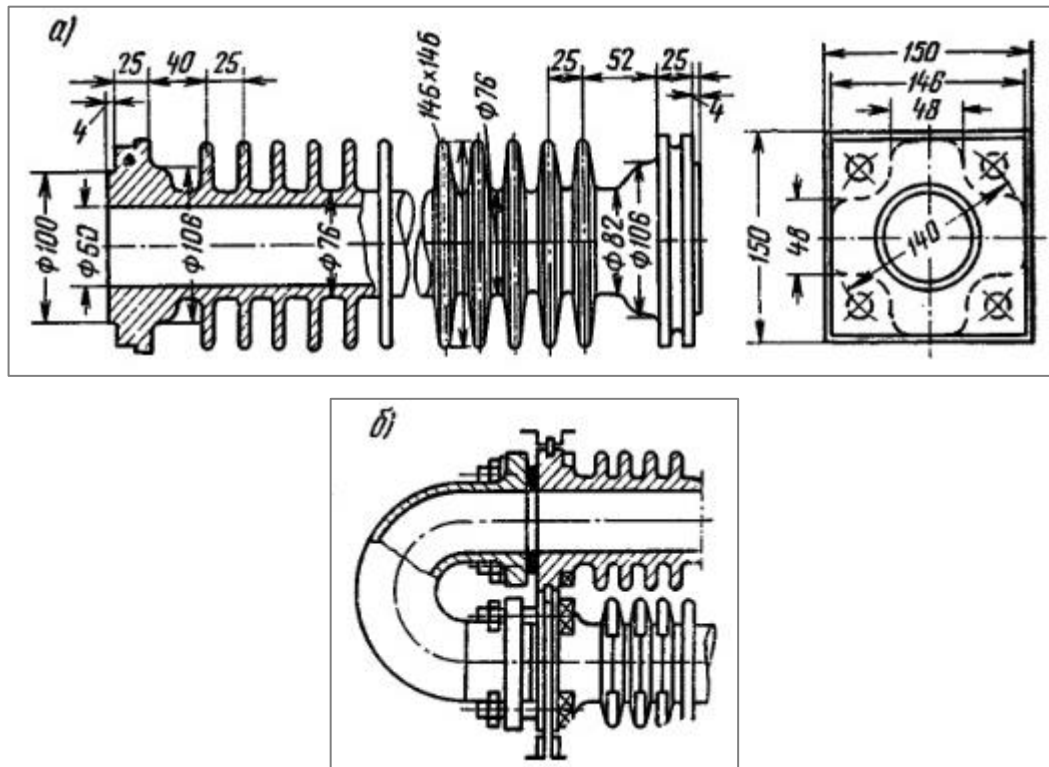


Рис. 9. Детали экономайзера системы ВТИ.

В зависимости от количества труб экономайзеры устанавливают различным способом, но, подобно котлам, либо обмуровывают кирпичной кладкой (Рис. 10), либо поставляют в виде транспортабельных, собранных на заводе, блоков. В настоящее время блочные экономайзеры разработаны для использования в качестве как питательных (ЭП), так и теплофикационных (ЭТ).

Несколько горизонтальных рядов труб (до восьми) образуют группы, которые компонуют в одну колонку или в две колонки, разделенные металлической перегородкой. Группы собирают в каркасе с глухими стенками, состоящими

из изоляционных плит, обшитых металлическими листами. Торцы экономайзеров закрывают съемными металлическими щитами. Экономайзеры снабжаются стационарными обдувочными устройствами, встроенными в блоки. Количество горизонтальных рядов труб, обдуваемых одним устройством, не должно превышать четырех.

Типовые конструкции стальных водяных экономайзеров изготавливают по специально разрабатываемым чертежам. В стальных змеевиковых экономайзерах расположение труб принимается шахматное с поперечным шагом 2-2,5 d и продольным 1,5 d. Омывание труб

дымовыми газами выполняется только поперечное. В каждом пакете по высоте

не должно быть более 25 рядов, а высота не должна превышать 1,5 м.

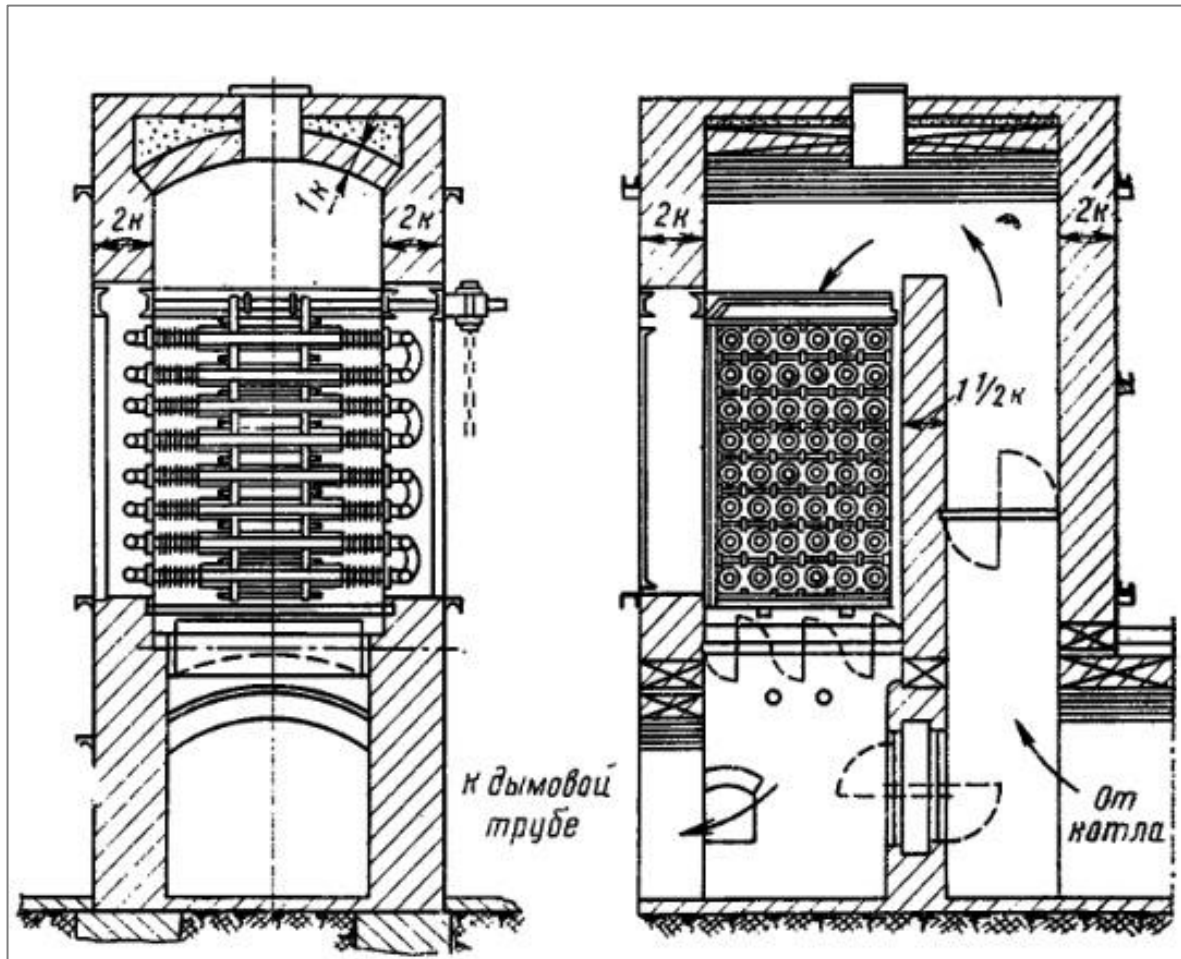


Рис. 10. Экономайзер системы ВТИ в кирпичной обмуровке.

Все индивидуальные водяные экономайзеры присоединяют к газовому тракту котла без обводных боров, обводные бора применяют лишь при групповых экономайзерах; в этом случае на обводных газоходах устанавливают последовательно обязательно две заслонки, чтобы избежать перетечек газа помимо поверхностей нагрева. Скорости перемещения газов по экономайзерам должна быть не менее 3 м/сек.

Скорость воды в трубах экономайзера может изменяться в пределах 0,3-1,5 м/сек. Чтобы лучше удалять воздух из воды, нагреваемой в экономайзерах, она должна перемещаться снизу вверх. Движение же газов

целесообразно принять по принципу противотока. В двухколонковых экономайзерах, чтобы обеспечить противоток в первой колонке (по ходу газов), необходимо подводить нагреваемую воду на вторую колонку по ходу газов.

Групповые экономайзеры, устанавливаемые в паровых котельных, рассчитывают на среднюю нагрузку, но дополнительно проверяют на минимальную и максимальную нагрузки, при которых температура может меняться. Индивидуальные экономайзеры рассчитывают на номинальную расчетную нагрузку котла, за которым их устанавливают.

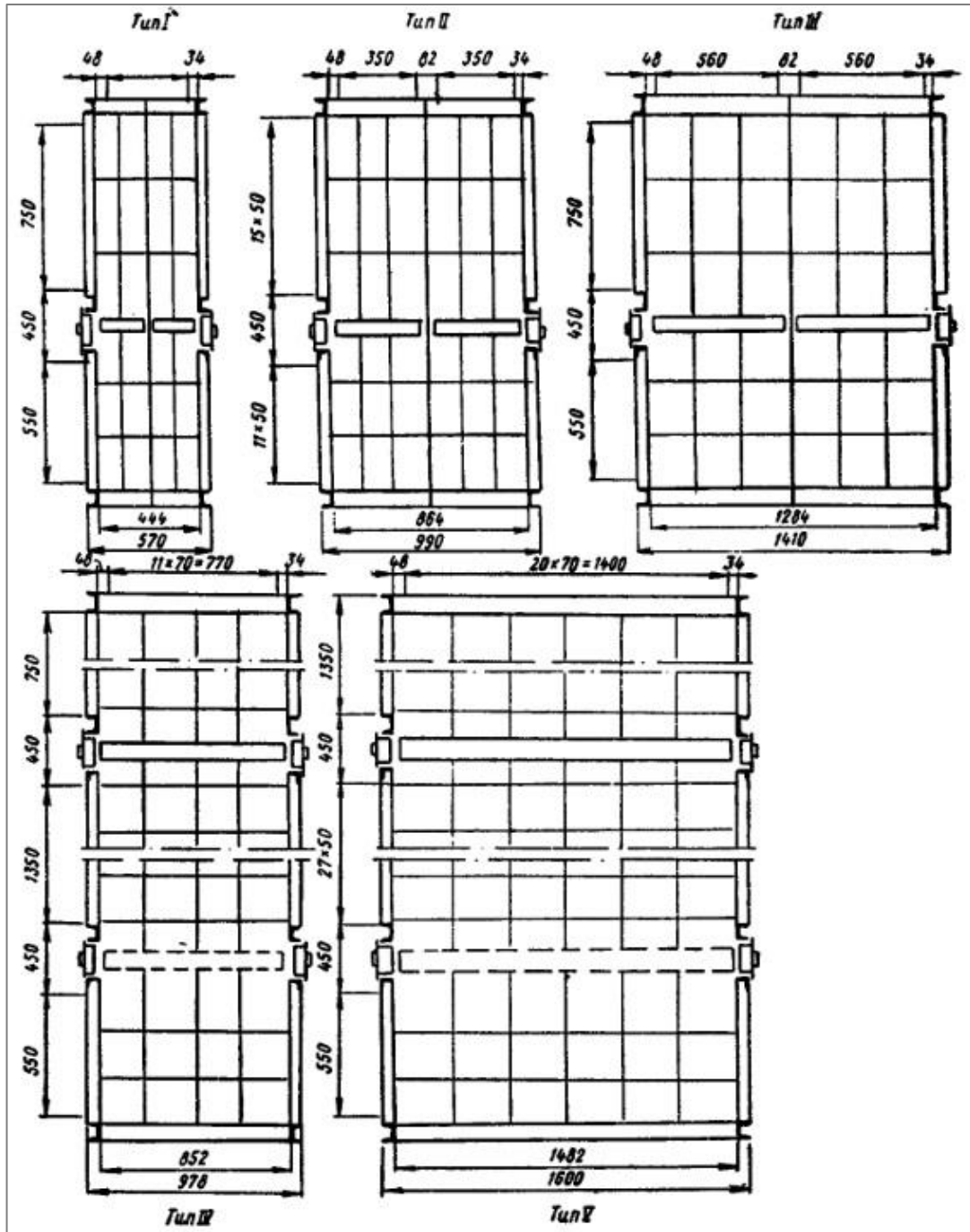


Рис. 11. Типовые схемы конструкции экономайзеров.

Поскольку интенсивность передачи теплоты от дымовых газов к воде невысока, то для увеличения поверхности теплообмена их трубы снабжаются поперечным оребрением с наружной стороны. В результате экономайзеры становятся компактнее, чем гладкостенные, т. е. имеют большую

поверхность теплообмена в единице объема.

Повышение интереса к оребренным трубам в теплообменном оборудовании энергетических установок при сжигании органического топлива обусловлено также и перспективой повышения надежности теплообменного

оборудования (уменьшается длина оребренных труб по сравнению с гладкими, сокращается число контактных стыков, работающих под давлением, появляется возможность уменьшить скорость газов, что приводит к сокращению золотого износа теплообменной поверхности).

Например, водяной экономайзер системы ЦКТИ выполнен из круглых ребристых чугунных труб наружным диаметром $d_1=76$ мм. Высота ребер $h_p=62$ мм, их толщина $\delta=5$ мм. Длина обогреваемой части трубы $L_t=3$ м, на ней размещалось 150 ребер, т. е. шаг ребер $s_p=15$ мм. Другая конструкция экономайзера, разработанного в этой же организации, изготавливалась из труб диаметром $d_1=28$ мм. Использовалось ленточное оребрение (высота ребра $h_p=10$ мм, шаг ребер $s_p=10$ мм, их толщина $\delta=1,0$ мм, коэффициент оребрения $\varphi=3,8$). Применение данных геометрических размеров ребер позволило сократить количество труб в 2,4 раза по сравнению с гладкотрубным вариантом. Однако при сжигании высокосернистого мазута экономайзер загрязнялся, и значение коэффициента тепловой эффективности снижалось с 0,9 до 0,5. Аэродинамическое сопротивление при этом возросло примерно на 30 %. Испытания, проведенные с экономайзером, показали высокую работоспособность и эффективность при сжигании природного газа.

Литература

1. Котельные установки / Роддатис К.Ф. - М.: Энергия, 1977.
2. Оребренные поверхности нагрева паровых котлов / Левченко Г.И., Лисейкин И.Д., Капелиович А.М. и др. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Теплообмен поперечнооробренных труб / Юдин В.Ф. - Л.: Машиностроение, 1982.
4. Развитые поверхности теплообмена / Керн Д., Краус А. - М.: Энергия, 1977.

Экономайзер Подольского машиностроительного завода имел такие же характеристики оребренной поверхности. Он устанавливался на котле ПК-14, сжигающим экибастузский уголь, частицы золы которого обладают абразивными свойствами. В результате замены гладкотрубного экономайзера оребренным была сокращена общая длина труб от 9800 до 6700 м; число змеевиков уменьшилось соответственно от 196 до 134. Все отложения, образовавшиеся на ребристом экономайзере, имели сыпучий характер и легко разрушались от незначительного механического воздействия. Ребристый экономайзер работал эффективнее эквивалентного гладкотрубного.

При проектировании оребренных теплообменников актуальны вопросы определения их рациональных геометрических параметров. В зависимости от назначения теплообменника к ним предъявляется ряд дополнительных требований. Например, минимальные габаритные размеры теплообменника, минимальный вес.

Правильно спроектированное оребрение позволяет в несколько раз увеличить передаваемое количество теплоты (при заданной температуре) по сравнению с гладкостенной поверхностью. Неверно рассчитанное оребрение может даже ухудшать теплопередачу стенки («изолирующий эффект ребра»).



ОБСЛЕДОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ САМОНЕСУЩИХ ТРУБ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 620.179

Одайкин А.П.	Ведущий инженер экспертной группы отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Муравьев В.С.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Коннова Е.Ю.	Ведущий инженер группы строительного аудита отдела промышленной безопасности Самарского филиала ФБУ «НТЦ «Энергобезопасность»
Орлов А.В.	Начальник ЛНК ООО «Экспертный центр «Промэнергобезопасность», эксперт (ООО «ПЭБ»)
Равинский И.Д.	Эксперт отдела экспертизы промышленной безопасности зданий и подъемных сооружений Волжско-Окского филиала ООО «Промтехэкспертиза»

26.11.2015

Аннотация. В статье рассматривается вопрос обследования и экспертизы вентиляционных труб на нефтеперерабатывающем производстве для выявления дефектов.

Ключевые слова: обследование вентиляционных труб, мониторинг.

Вентиляционные трубы являются объектами повышенного внимания на нефтеперерабатывающем производстве [5], так как в процессе эксплуатации они подвергаются температурно-силовым и коррозионным воздействиям, и относятся к группе опасных объектов. Анализ и учет подобных воздействий представляет сложную проблему, от которой зависит своевременное обнаружение дефектов и их устранение, а также качество ремонта и непрерывность технологического процесса. Несмотря на то, что данной проблематике посвящено много научных работ, исследования в этой области не прекращаются.

На нефтеперерабатывающем производстве традиционные методы обследования и мониторинга нуждаются

в корректировке и применении особого подхода с учетом специфики эксплуатационных условий, таких как низкие температуры наружного воздуха, вибрации, высокотемпературные и химически агрессивные газовые потоки, конденсат и другие. Все вышесказанное обуславливает выработать особый комплексный подход к оценке надежности и долговечности конструкции в целом [3].

Состав работ определяется в зависимости от поставленных задач, условий эксплуатационной среды, а также на основании предыдущих обследований и наблюдений.

При проведении экспертизы промышленной безопасности и получения количественной и

качественной экспертной оценки состояния конструкции вентиляционной трубы подвергается сбору и анализу следующая документация [2]:

- проектная (схема планировки участка, конструктивное и объемно-планировочное решение, пояснительная записка и др.);
- исполнительная (рабочие чертежи, акты скрытых работ и др.);
- эксплуатационная (паспорт, журнал периодического осмотра, акты и др.).

Детальное изучение документации (проектной, исполнительной, где зафиксированы в том числе и отступления от проекта; актов скрытых работ и журналов ведения строительно-монтажных работ, определяющих качество выполнения; документы, свидетельствующие о проведенных текущих и капитальных ремонтах и др.) [1] позволяет правильно составить программу обследования, где будет сформулирована цель, предполагаемые методики и инструментальные методы с результатами обследования [2].

Инструментальное обследование конструкции включает в себя [2]:

- **Визуально измерительный контроль ВИК** (определение геометрических размеров, состояние лакокрасочного покрытия и др.).

Данный метод дает первичное представление о контролируемом объекте. При помощи инструментов ВИК проверяют качество сборки, сварные швы, выявляют отклонения от размера и формы.

- **Толщинометрия** (контроль толщины стенок обечаек корпуса).

Наиболее распространенный метод толщинометрии – ультразвуковой. Он достаточно хорошо освоен и оснащен приборами. В основе ультразвукового метода лежит способность ультразвука распространяться в физических телах (в первую очередь в металлах) с определенной скоростью и при

возникновении каких-либо несплошностей больше длины волны ультразвука отражаться от их границы. По отраженному сигналу можно говорить о наличии дефектов в металле и их величине или об отсутствии таковых, о толщине металла, т. е. о развитии общей коррозии. Современные ультразвуковые приборы позволяют анализировать состояние металла толщиной до 10 м с точностью около 0,01 мм.

Измерения несущих элементов конструкции проводятся по четырем образующим обечаек и патрубков (на каждой обечайке – не менее трех измерений по одной образующей).

- **Твердометрия** (контроль твердости материалов).

Является одним из основных видов механических испытаний материалов и эффективным средством диагностики его структурно-механического состояния. Для каждого вида материала – металлы, бетон, пластмассы, используется определенный твердомер со множеством настроек по маркам и типам материалов.

- **Тепловизионный контроль** (измерения температуры объектов на расстоянии).

С помощью тепловизора получают картину распределения температуры по всему объекту, благодаря чувствительному элементу, который быстро и автоматически перемещается по вертикали и горизонтали.

Перепады температур в стенке трубы от воздействия температуры отводимых газов надлежит определять на основании теплотехнических расчетов для установившегося потока тепла при наибольшем значении температуры отводимых газов и расчетной температуре наружного воздуха (средней температуре наиболее холодной пятидневки) и наибольшем значении коэффициента теплоотдачи наружной поверхности [3].

▪ **Нивелировка** (определение крена ствола трубы).

Это способ проецирования при помощи нивелира, снабженного пентапризмой и измерительным микрометром, геодезическими методами.

Предельное допустимое отклонение оси ствола промышленной трубы на уровне верхнего обреза не должно превышать нормативные значения, установленные от 250 до 700мм для высоты трубы от 30 до 300м [3].

По итогам инструментального обследования определяется соответствие вентиляционной трубы ее заявленным характеристикам согласно проекту и качество применяемых материалов в конструкции, как отдельных элементов, так и объекта в целом[2].

Конструкция должна не только соответствовать проекту, всем корректным реконструкциям, условиям эксплуатации, но и актуальным нормам и правилам промышленной безопасности [4].

При выявлении изменения рабочего режима, внешних температурно-влажностных, химически-агрессивных характеристик среды эксплуатации объекта обращается внимание на изменения, происходящие в структуре используемых материалов конструкции. В зависимости от локализации дефектов можно говорить о замене материалов, как частичной, например, только для ствола трубы, так и комплексной, включающей вспомогательные элементы – газоходы, зонты и др. Выбор материалов обуславливается не только действующим проектом, но и современными требованиями (ГОСТ, СНиП) и подходами к проектированию и эксплуатации объектов.

Применение современных композитных материалов с более высокими свойствами в конструкции вентиляционной трубы позволит

обеспечить непрерывность технологического процесса на более длительный срок эксплуатации.

Таким образом, результатом комплексного обследования является оценка и прогнозирование технического состояния [3] вентиляционной трубы, а также рекомендации по устранению дефектов и улучшению эксплуатационных характеристик.

Наряду с качественным инструментальным диагностированием очень важным является определение причин возникновения дефектов, выработка решений и мероприятий по предотвращению их появления. Непонимание причин или несвоевременное их устранение, недостаточный мониторинг усугубляет и ускоряет процессы, приводящие к ухудшению эксплуатационных характеристик.

Как показывает практика, большая часть подвергаемых экспертизе объектов имеют повреждения, некоторые объекты находятся в предаварийном состоянии, что свидетельствует о недостаточном и поверхностном отношении эксплуатирующей организации к мониторинговым мероприятиям.

Во избежание возникновения аварийных ситуаций, связанных с человеческими жертвами, разрушениями рядом расположенных зданий и сооружений на промышленном объекте необходимо уделять должное внимание периодическому контролю (обследование, экспертиза), для своевременного устранения дефектов [1], еще не требующих значительных вложений.

Недостаточный контроль может стать причиной не только дорогостоящих ремонтов, но привести к преждевременной ликвидации потенциально опасного объекта из-за нецелесообразности дальнейшего ремонта.



Комплексный подход в обследовании со своевременным выявлением дефектов, определением причин их возникновения и ремонтом с применением современных материалов позволит обеспечить непрерывность технологического процесса на более

длительный срок эксплуатации вентиляционных труб, а также соответствие требованиям промышленной безопасности [4], что поможет избежать возможных человеческих жертв.

Литература

1. РД 03-610-03. Методические указания по обследованию дымовых и вентиляционных промышленных труб// «Российская газета» (специальный выпуск), N 120/1, 21.06.2003.
2. СП 13-101-99. Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта промышленных дымовых и вентиляционных труб//опубликован в ГУП ЦПП № 1999.
3. СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная версия СНиП 2.09.03-85. (утв. Приказом Минрегион России от 29.12. 2011 г. № 620 и введен в действие с 01 января 2013 г.)// М.: Минрегион России, 2011.
4. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон №116-ФЗ от 21.07.1997 года (в ред. от 13.07.2015г)// опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 13.07.2015).
5. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности в химической, нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей промышленности» (утверждены приказом РТН №584 от 15.10.2012 года)//опубликован 25 марта 2013 г. на Интернет-портале «Российской Газеты» <http://www.rg.ru>.



ДЕФЕКТОСКОПИЯ КАНАТОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

УДК 621.873

Дубинин С.Н.	Эксперт, руководитель экспертного отдела ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Загребин И.А.	Эксперт ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Шилов С.А.	Руководитель ЛНК ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Семенов Е.В.	Эксперт, ведущий инженер ООО «Центр НК»
Крылов С.Н.	Эксперт, инженер ООО «Центр НК»
Митрофанов А.Л.	Эксперт Волжско-Окский филиала ООО «Промтехэкспертиза»

27.11.2015

Аннотация. В статье уделено внимание причинам изнашивания, а также проблемам своевременного контроля и замены стальных канатов, используемых в различных приводах грузоподъемных механизмов, выполнен краткий обзор основных видов повреждений канатов. Рассмотрены основы магнитного контроля стальных канатов.

Ключевые слова: грузоподъемные краны, канаты, испытания, контроль, повреждения.

Грузоподъемные механизмы – объекты повышенной опасности. Одним из основных элементов, используемых при подъеме и перемещении грузов, являются стальные канаты. При длительной активной эксплуатации кранов наиболее опасным для эксплуатации является именно износ канатов, т.к. разрыв тягового элемента может стать причиной не только повреждения самого крана, но и несчастного случая на производстве.

Во время работы крана на его тяговые элементы действуют не только нагрузки, изменяющиеся с течением времени по величине и направлению (скручивание, растяжение, изгиб, прочие динамические нагрузки) но и другие внешние факторы: влажность, высокие (например, в литейном цехе) и низкие (при работе на улице, в неотапливаемом

помещении) температуры, большое количество производственной пыли, агрессивных веществ. Из-за воздействия всех этих факторов происходит накопление усталости проволок каната, абразивный износ и коррозионные поражения, что способствует уменьшению площади поперечного сечения каната, а, следовательно, и прочности.

В соответствии с действующими нормативными документами, во время проведения освидетельствования грузоподъемных кранов (которое должно проводится не реже одного раза в 12 месяцев) должен проводится также визуальный и измерительный контроль стальных канатов. Визуально можно выявить лишь качественные изменения состояния каната (наличие обрывов проволок или прядей, остаточные



деформации и проч.). Для количественной оценки выявленных дефектов используются измерительные методы контроля при помощи штангенциркуля, микрометра и других инструментов.

Характер повреждений, их положение зависит от того, на каком кране и в каких условиях канат используется. Если кран башенный, то чаще всего выявляются места коррозии в области заделки канатов в муфту. Если кран мостовой, то для него наиболее характерны обрывы проволок в районе блоков.

Чаще всего наблюдаются следующие неисправности канатно-блочных систем кранов: обрывы проволок и прядей; выпадение канатов из ручьев блока; заедание на блоках; износ блоков и их разрушение; ослабление крепления каната и др.

Обрывы проволок и прядей зачастую являются следствием естественного износа из-за плохого смазывания каната, превышения максимально допустимой нагрузки или повреждения каната, допущенного при монтаже или транспортировке. Выход каната из блока и его заедание чаще всего бывает из-за заклинивания и ухудшения вращения самого блока или контакта каната с элементами металлоконструкции крана, но может происходить и от неверной запасовке.

Нормативные документы содержат нормы контроля качества стальных канатов и предельные величины их износа. Отдельно стоит обратить внимание на внутренний износ, который может являться результатом таких факторов, как абразивный износ (вследствие смещения элементов каната – проволок – друг относительно друга) и внутренняя коррозия.

Визуально можно выявить только те дефекты, которые расположены на поверхности каната, при этом

внутренние дефекты даже при сильном их развитии, остаются незамеченными. К недостаткам визуального метода контроля можно отнести также тот факт, что человеческий глаз имеет много индивидуальных особенностей, и качество проведенного визуального контроля во многом зависит от человека, проводящего этот контроль. Более объективно можно оценить степень износа используя методы неразрушающего контроля.

Для определения состояния стального каната используется магнитная дефектоскопия. При использовании этого метода можно оценить не только количество дефектов, выявленных на одном шаге свивки, но и потерю площади поперечного сечения каната по металлу.

Для проведения магнитной дефектоскопии может использоваться как переменное, так и постоянное магнитное поле. В первом случае используется ингромагнитный датчик. Он представляет из себя систему, в которой есть возбуждающая и измерительная катушки. При этом объект контроля является элементом магнитной системы. Дефектоскоп подает на возбуждающую катушку переменный ток с невысокой частотой (от 10 до 50 Герц). Измерительная катушка охватывает канат и регистрирует колебания магнитного поля по его длине. Для выявления дефектов магнитный датчик перемещается относительно каната.

При использовании постоянного магнитного поля магнитный датчик представляет из себя электромагнит постоянного тока или постоянный магнит. В процессе контроля в месте обнаружения дефектов регистрируются потоки рассеяния.

Для выявления уменьшения площади сечения каната в измерительном датчике используют



зависимость магнитного потока от магнитного сопротивления участка цепи «канат – воздушный зазор – полюс магнитопровода намагничивающего устройства». При снижении площади сечения увеличивается магнитное сопротивление участка цепи и, а значит уменьшается магнитный поток в магнитопроводе.

Месторасположение дефектов определяется по линейной системе координат. Для этого измеряется длина каната. Для канатов прядевой конструкции это может быть реализовано бесконтактным способом, основанный на регистрации шагов свивки. Колебания магнитного поля от каждого шага свивки регистрируются и

используются впоследствии в качестве координат расположения дефектов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что дефектоскопия канатов методами неразрушающего контроля (преимущественно методом магнитной дефектоскопии, как получившим наибольшее распространение) является необходимым мероприятием при эксплуатации грузоподъемных механизмов, т.к. она дает возможность объективно оценить фактический износ. Именно объективный контроль состояния канатов позволяет повысить безопасность эксплуатации грузо-подъемных кранов и производить замену канатов не по условному сроку службы, а по фактическому состоянию.

Литература

1. МР 10-72-04. Методические рекомендации по обследованию технического состояния и расчету остаточного ресурса с целью определения возможности продления срока безопасной эксплуатации лифтов. Введ. 19.03.04. Москва, 2004. 37 с.
2. Анцев В.Ю., Витчук П.В. Расчет параметров канатопроводящего шкива лифта в процессе износа // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2012. № 2-6 (292). С. 112-118.
3. Цуканов В.В., Шпаков И.И. Дефектоскопия канатов – гарант безопасности эксплуатации лифтов // Лифт. 2006. №10. С. 2-4.
4. Иванов В.Н. Техническое диагностирование подъемно-транспортных машин: уч. пособие. Харьков: Изд-во «Форт». 2009. 272 с.
5. Комиссаров В.Я., Сухоруков В.В., Хомченко С.В. Роль дефектоскопии канатов в обеспечении безопасности лифтов // Безопасность труда в промышленности. 2004. №10. С. 33-35.
6. РД 03-348-00. Методические указания по магнитной дефектоскопии стальных канатов. Введ. 30.03.2000. Москва, 2000. 24 с.
7. Котельников В.С., Сухоруков В.В. Дефектоскопия канатов грузоподъемных машин // Безопасность труда в промышленности. 1998. №5. С. 34-38.
8. Короткий А.А., Павленко А.В., Шипулин А.В. О методике магнитной дефектоскопии канатов // Известия ТулГУ. Сер. Подъемно-транспортные машины и оборудование. Вып. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 1999. С.192-199.



ОБЗОР НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ В СФЕРЕ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЯ И ОТБРАКОВКИ КАНАТОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

УДК 621.873

Дубинин С.Н.	Эксперт, руководитель экспертного отдела ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Загребин И.А.	Эксперт ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Шилов С.А.	Руководитель ЛНК ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Семенов Е.В.	Эксперт, ведущий инженер ООО «Центр НК»
Крылов С.Н.	Эксперт, инженер ООО «Центр НК»
Митрофанов А.Л.	Эксперт Волжско-Окский филиала ООО «Промтехэкспертиза»

27.11.2015

Аннотация. Рассмотрены объем и методы частичного, и полного освидетельствования грузоподъемных механизмов, периодичность их проведения. Более подробно раскрыт вопрос статических и динамических испытаний грузоподъемных кранов, а также условия отбраковки стальных канатов.

Ключевые слова: грузоподъемные краны, испытания, контроль, груз, канаты.

Освидетельствование и испытания грузоподъемных механизмов

Для обеспечения безопасности работающего грузоподъемного оборудования и нормальных условий труда Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору были разработаны Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (далее – ФНП). Требования этих ФНП распространяются на обеспечение промышленной безопасности организаций, на которых применяются подъемные сооружения и оборудование, используемое совместно с ними. Они устанавливают необходимые

требования к деятельности в области промышленной безопасности на предприятиях, на которых используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, в том числе к работникам указанных предприятий. Согласно ФНП все грузоподъемные механизмы проходят периодическое освидетельствование:

- частичное - не реже чем через 12 месяцев;
- полное - не реже одного раза в 3 года.

Кроме периодического освидетельствования подъемные механизмы могут подвергаться внеочередному полному освидетельствованию. Внеочередное полное техническое освидетельствование ПС должно проводиться после:

- монтажа, вызванного установкой ПС



на новом месте (кроме подъемников, вышек, стреловых и быстромонтируемых башенных кранов);

- реконструкции ПС;
- ремонта расчетных элементов металлоконструкций ПС с заменой элементов или с применением сварки;
- установки сменного стрелового оборудования или замены стрелы;
- капитального ремонта или замены грузовой или стреловой лебедки;
- замены грузозахватного органа (проводятся только статические испытания);
- замены несущих или вантовых канатов кранов кабельного типа.

При полном техническом освидетельствовании грузоподъемный механизм подвергается:

- осмотру;
- статическому испытанию;
- динамическому испытанию.

При частичном техническом освидетельствовании производится только осмотр, а статическое и динамическое испытания не проводятся.

При осмотре проверяется техническое состояние металлоконструкций (качество и надежность болтовых, заклепочных и сварочных соединений - канатов, цепей, осей, блоков, крюка, захватных приспособлений и т.д.). Существуют определенные нормы, которые позволяют визуально оценить годность проверяемого объекта к дальнейшей эксплуатации.

Выбраковку находившихся в работе стальных канатов (тросов) производят по числу обрывов проволок по длине одного шага свивки.

При испытании проводится проверка прочности и работоспособности всех элементов грузоподъемной конструкции путем последовательного приложения статической и динамической

нагрузки.

Статические испытания проводят с целью проверки конструктивной пригодности ПС и его сборочных единиц.

До проведения испытаний тормоза всех механизмов ПС должны быть отрегулированы согласно руководству по эксплуатации на тормозной момент, указанный в паспорте ПС, а ограничитель грузоподъемности отключен.

Статические испытания следует проводить для каждого грузоподъемного механизма и, если это предусмотрено в паспорте ПС, при совместной работе грузоподъемных механизмов в положениях и вариантах исполнения, выбранных таким образом, чтобы усилия в канатах, изгибающие моменты и (или) осевые усилия в основных элементах ПС были наибольшими.

Статические испытания должны проводиться со следующими нагрузками (по отношению к номинальной паспортной грузоподъемности):

125 процентов - для ПС всех типов (кроме подъемников);

140 процентов - для кранов-трубоукладчиков;

200 процентов - для грузопассажирских и фасадных строительных подъемников;

150 процентов - для грузовых строительных подъемников (при невыдвинутом грузонесущем устройстве);

125 процентов - то же, при максимально выдвинутом грузонесущем устройстве;

150 процентов - для иных типов подъемников (вышек).

Номинальная грузоподъемность учитывает массу каких-либо приспособлений, являющихся постоянной частью ПС в рабочем положении, за исключением мобильных ПС, для которых составляющими величинами номинальной нагрузки являются: масса полезного груза, а также



масса крюковой обоймы и такелажных приспособлений.

Масса контрольных грузов не должна превышать необходимую массу более чем на 3 процента, а также быть ниже необходимой массы менее 3 процентов.

Статические испытания мостового крана проводятся следующим образом. Кран устанавливается над опорами кранового пути, а его тележка (тележки) - в положение, отвечающее наибольшему прогибу моста, делается первая высотная засечка положения одного из поясов главной балки (с помощью металлической струны, оптическим прибором или лазерным дальномером). Затем контрольный груз поднимают краном на высоту 50 - 100 мм, делают вторую высотную засечку положения того же пояса главной балки и кран выдерживается в таком положении в течение 10 минут. В случае обнаружения произвольного опускания поднятого груза испытания прекращают и результаты их признаются неудовлетворительными.

По истечении не менее 10 минут груз опускается, после чего делается третья высотная засечка положения того же пояса главной балки. Если значение третьего измерения совпало с первым, остаточная деформация моста крана отсутствует, и испытания прошли успешно.

Статические испытания козлового крана и мостового перегружателя проводятся так же, как испытания мостового крана; при этом у крана с консолями каждая консоль испытывается отдельно.

При наличии остаточной деформации (отсутствия равенства первого и третьего проведенных измерений), явившейся следствием испытания крана грузом, кран не должен допускаться к работе до выяснения специализированной организацией

причин деформации и определения возможности его дальнейшей работы.

Статические испытания кабельных кранов выполняют аналогично испытаниям кранов мостового типа, при этом следят за положением груза (который должен находиться в первоначально поднятом состоянии над землей в течение 30 минут), а также за положением верхних частей опор, которые не должны перемещаться по горизонтали, пока будет происходить приложение испытательной нагрузки, и вернуться в первоначальное положение, когда испытательный груз будет опущен.

Статические испытания кранов мостового типа, предназначенных для обслуживания гидро- и теплоэлектростанций, проводятся при помощи специальных приспособлений (гидронагружателей), позволяющих создать испытательную нагрузку без применения груза.

Запрещается нагружать такие краны нарастающей нагрузкой от груза неизвестной массы, закрепленного на фундаменте анкерными болтами или залитого бетоном, выполняя подъем этого груза грузозахватным органом, через динамометр, выполняющий роль такелажной оснастки.

Другие виды испытаний с грузом для таких кранов не проводят.

Статические испытания крана стрелового типа, имеющего одну или несколько грузовых характеристик, при периодическом или внеочередном техническом освидетельствовании проводятся в положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности крана и/или наибольшему грузовому моменту.

Испытания кранов, имеющих сменное стреловое оборудование, проводятся с установленным на них для работы оборудованием. После установки на кран сменного стрелового оборудования испытание проводится в

положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности крана при установленном оборудовании.

Испытания кранов стрелового типа, не имеющих механизма изменения вылета (стрела поддерживается растяжкой), проводятся при установленных для испытаний вылетах. С этими же вылетами, при условии удовлетворительных результатов технического освидетельствования, разрешается последующая работа крана.

Для проведения статических испытаний кранов стрелового типа должна быть подготовлена площадка для установки крана (обеспечены требуемые плотность грунта и уклон) согласно требованиям руководства (инструкции) по эксплуатации крана.

Если испытания крана выполняют без выносных опор, необходимо проверить давление в шинах колес (для кранов на автомобильном и пневмоколесном ходу).

При статических испытаниях кранов стрелового типа стрела устанавливается относительно ходовой опорной части в положение, отвечающее наименьшей расчетной устойчивости крана, и груз поднимается на высоту 50 - 100 миллиметров.

Проведение замеров остаточных деформаций во время проведения испытаний осуществляется в том же порядке, как указано выше, при этом высотные засечки делаются на оголовке стрелы.

Кран считается выдержавшим статические испытания, если в течение 10 минут поднятый груз не опустится на землю, а также не будет обнаружено трещин, остаточных деформаций и других повреждений металлоконструкций и механизмов.

Статические испытания крана-трубоукладчика или крана-манипулятора проводят при установке его на горизонтальной площадке в положении,

соответствующем наибольшей грузоподъемности. После установки на кран-трубоукладчик (кран-манипулятор) сменного стрелового оборудования испытания проводятся в положении, соответствующем наибольшей грузоподъемности, при установленном оборудовании. Крюком поднимают груз на высоту 50 - 100 миллиметров от земли и выдерживают в течение не менее 10 минут. Кран-трубоукладчик и кран-манипулятор считаются выдержавшим испытания, если в течение 10 минут поднятый груз не опустился, а также не обнаружено трещин, остаточных деформаций и других повреждений.

При статических испытаниях строительного подъемника груз должен находиться на неподвижном грузонесущем устройстве, расположенном на высоте не более 150 мм над уровнем нижней посадочной площадки (земли).

Строительный подъемник считается выдержавшим статические испытания, если в течение 10 минут не произойдет смещение грузонесущего устройства, а также не будет обнаружено трещин, остаточных деформаций и других повреждений металлоконструкций и механизмов.

Статические испытания подъемников (вышек) (кроме строительных) проводят при установке подъемника (вышки) на горизонтальной площадке в положении, отвечающем наименьшей расчетной его устойчивости.

На подъемниках (вышках), оборудованных люлькой, груз массой, равной 110 процентов от номинальной грузоподъемности, располагают в люльке, а второй груз массой, равной 40 процентов от номинальной грузоподъемности, подвешивают к люльке на гибкой подвеске. После начала подъема и отрыва второго груза от земли на высоту 50 - 100 миллиметров подъем останавливают с последующей

выдержкой суммарного груза в течение 10 минут.

При этом отрыв от земли одной из опор подъемника (вышки) признаком потери устойчивости не считается.

Подъемник (вышка) считается выдержавшим испытание, если в течение 10 минут поднятый груз не опустился, а также если в металлоконструкциях не обнаружены повреждения. При проведении испытаний любые движения подъемника (вышки) (кроме подъема-опускания) с грузом массой, равной 150 процентам номинальной грузоподъемности, запрещены.

Динамические испытания ПС проводятся грузом, масса которого на 10 процентов превышает его паспортную грузоподъемность, и имеют целью проверку действия его механизмов и тормозов.

При динамических испытаниях ПС производятся многократные (не менее трех раз) подъем и опускание груза, а также проверка действия всех других механизмов при совмещении рабочих движений, предусмотренных

руководством (инструкцией) по эксплуатации ПС.

У ПС, оборудованного двумя и более механизмами подъема, если предусмотрена их отдельная работа, на статическую и динамическую нагрузки должен быть испытан каждый механизм.

Если ПС используется только для подъема и опускания груза (подъем затворов на гидроэлектростанции), его динамические испытания не проводятся.

Испытания вновь смонтированного ПС, имеющего несколько сменных грузозахватных органов, должны быть проведены при проведении технического освидетельствования со всеми грузозахватными органами, включенными в паспорт ПС.

Повторные испытания при периодическом техническом освидетельствовании ПС, имеющего несколько сменных грузозахватных органов, допускается проводить только с тем грузозахватным органом, который установлен на момент испытаний.

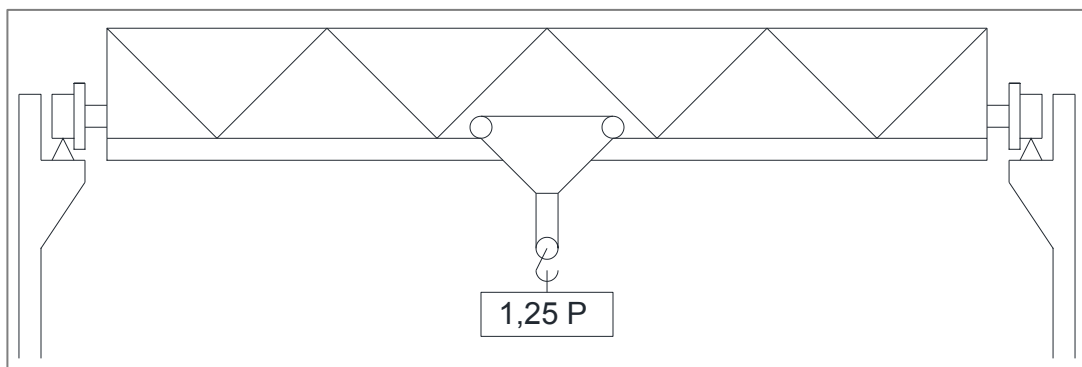


Рис. 12. Схема статических испытаний мостового крана.

Визуальный и измерительный контроль стальных канатов.

Одним из немаловажных этапов выполнения осмотра, необходимого при проведении любого вида технического освидетельствования, является контроль канатов грузоподъемного механизма. Для оценки безопасности использования

канатов применяют следующие критерии:

а) характер и число обрывов проволок (Рис. 13-4), в том числе наличие обрывов проволок у концевых заделок, наличие мест сосредоточения обрывов проволок, интенсивность возрастания числа обрывов проволок;

- б) разрыв пряди;
- в) поверхностный и внутренний износ;
- г) поверхностная и внутренняя коррозия;
- д) местное уменьшение диаметра каната, включая разрыв сердечника;
- е) уменьшение площади поперечного сечения проволок каната (потери внутреннего сечения);
- ж) деформация в виде волнистости, корзинообразности, выдавливания проволок и прядей, раздавливания прядей, заломов, перегибов;
- з) повреждения в результате температурного воздействия или электрического дугового разряда.



Рис. 13. Обрывы и смещения проволок каната крестовой свивки.

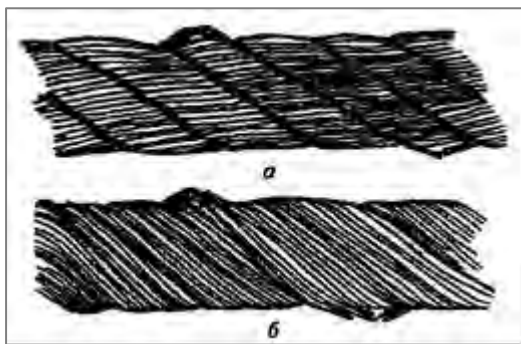


Рис. 14 - Сочетание обрывов проволок с их износом:

а - в канате крестовой свивки; б - в канате односторонней свивки

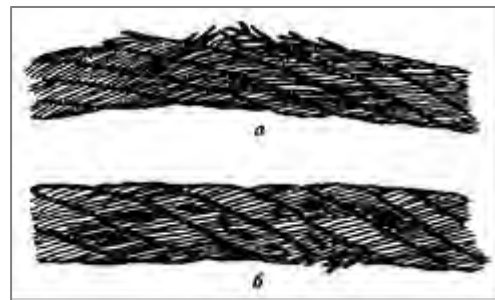


Рис. 15 - Обрывы проволок в зоне уравнительного блока:
а - в нескольких прядях каната; б - в двух прядях в сочетании с местным износом

2. Браковка канатов, работающих со стальными и чугунными блоками, должна производиться по числу обрывов проволок на одном шаге свивки в соответствии с ФНП. Шаг свивки каната определяется следующим образом. На поверхности какой-либо пряди наносят метку, от которой отсчитывают вдоль центральной оси каната столько прядей, сколько их имеется в сечении каната и на следующей после последней пряди наносят вторую метку. Расстояние между метками принимается за шаг свивки каната.

Канаты кранов, предназначенных или используемых для подъема людей, для перемещения расплавленного или раскаленного металла, огнеопасных и ядовитых веществ, бракуют при вдвое меньшем числе обрывов проволок.

При уменьшении диаметра каната в результате поверхностного износа (Рис. 17) или коррозии (Рис. 18) на 7 процентов и более по сравнению с номинальным диаметром канат подлежит браковке даже при отсутствии видимых обрывов проволок.

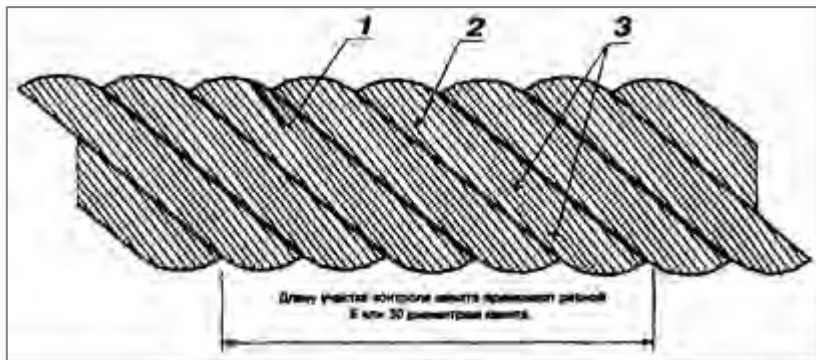


Рис. 16. Пример определения числа обрывов наружных проволок стального каната.

1 - на участке контроля у оборванной проволоки обнаружен только один конец, ответный конец оборванной проволоки отсутствует. Данный дефект соответствует одному обрыву;
2 - на участке контроля у оборванной проволоки в наличии два конца. Данный дефект соответствует одному обрыву;
3 - на участке контроля одна из проволок имеет двукратное нарушение целостности. Поскольку нарушения целостности принадлежат только одной проволоке, данный дефект суммарно соответствует одному обрыву.

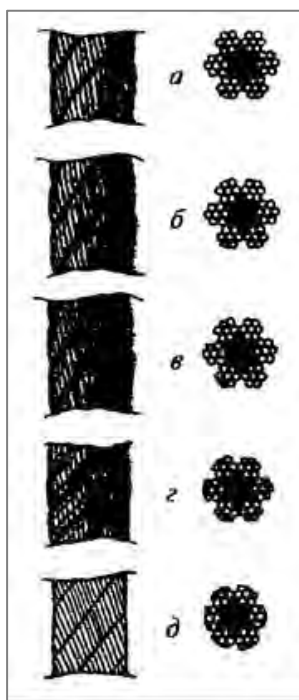


Рис. 17. Износ наружных проволок каната крестовой свивки:
а - небольшие лыски на проволоках;
б - увеличенная длина лысок на отдельных проволоках;
в - удлинение лысок в отдельных проволоках при заметном уменьшении диаметра проволок;
д - интенсивная коррозия.



Рис. 18. Поверхностная коррозия проволок каната крестовой свивки:
а - начальное окисление поверхности;
б - общее окисление поверхности;
в - заметное окисление;
г - сильное окисление;
д - интенсивная коррозия.

При уменьшении диаметра каната в результате повреждения сердечника -

внутреннего износа, разрыва (на 3 процента от номинального диаметра у некрутящихся канатов и на 10 процентов у остальных канатов) канат подлежит браковке даже при отсутствии видимых обрывов проволок (Рис. 19).



Рис. 19. Местное уменьшение диаметра каната на месте разрушения органического сердечника.

Для оценки состояния внутренних проволок, т.е. для контроля потери металлической части поперечного сечения каната (потери внутреннего сечения), вызванной обрывами, механическим износом и коррозией проволок внутренних слоев прядей (Рис. 20), канат необходимо подвергать дефектоскопии по всей его длине (последнее обязательно только для канатов ПС, транспортирующих опасные грузы, предназначенных или используемых для подъема людей, а также канатов, работающих с блоками из синтетического материала или блоками из металла с синтетической футеровкой поверхности, контактирующей с канатом).

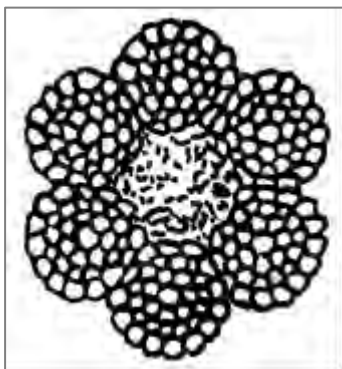


Рис. 20. Уменьшение площади поперечного сечения проволок (интенсивная внутренняя коррозия).

При обнаружении в канате одной или нескольких оборванных прядей канат

бракуется и к дальнейшей работе не допускается.

Канаты должны выбраковываться и не допускаться к дальнейшей работе при обнаружении: корзинообразной деформации (Рис. 21); выдавливания сердечника (Рис. 22); выдавливания или расслоения прядей (Рис. 23); местного увеличения диаметра каната (Рис. 24); местного уменьшения диаметра каната (Рис. 19); раздавленных участков (Рис. 25); перекручиваний (Рис. 26); заломов (Рис. 27); перегибов (Рис. 28); повреждений в результате температурных воздействий или электрического дугового разряда.



Рис. 21. Корзинообразная деформация.

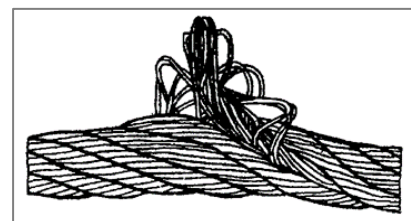


Рис. 22. Выдавливание сердечника.

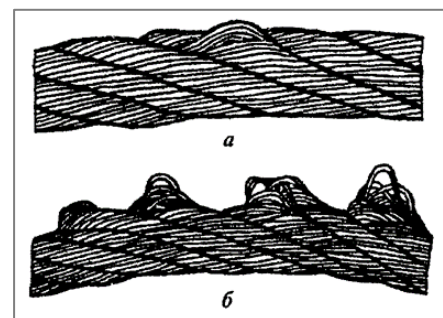


Рис. 23. Выдавливание проволок прядей: а - в одной пряди; б - в нескольких прядях.

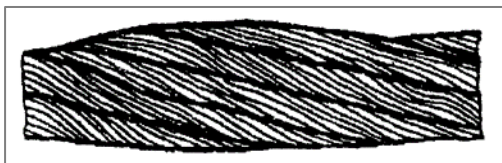


Рис. 24. Местное увеличение диаметра каната.

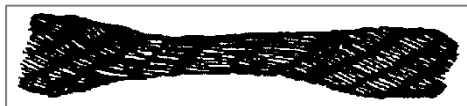


Рис. 25. Раздавливание каната.

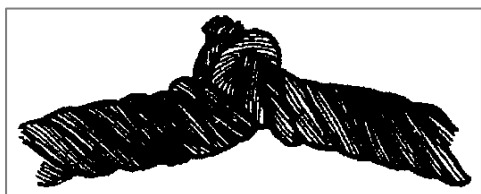


Рис. 26. Перекручивание каната.

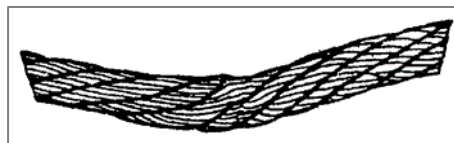


Рис. 27. Залом каната.

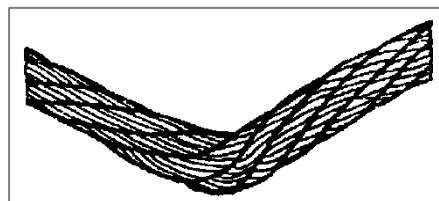


Рис. 28. Перегиб каната.

Литература

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» // ЗАО «НТЦ «Промышленная безопасность». 2015.



ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА КАК НАУКА ОБ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 621.7.019

Дубинин С.Н.	Эксперт, руководитель экспертного отдела ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Загребин И.А.	Эксперт ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Шилов С.А.	Руководитель ЛНК ООО «Инженерный консультационный центр «Калибр»
Семенов Е.В.	Эксперт, ведущий инженер ООО «Центр НК»
Крылов С.Н.	Эксперт, инженер ООО «Центр НК»
Митрофанов А.Л.	Эксперт Волжско-Окский филиала ООО «Промтехэкспертиза»

27.11.2015

Аннотация. В статье говорится о применении различных терминов и определений в области технической диагностики. Рассмотрен вопрос о неправильности применения тех или иных терминов, а также о том, что в различных нормативных документах дается неполное определение тех или иных слов.

Ключевые слова: техническое диагностирование, контроль, термины, диагноз, надежность.

При решении задачи по определению технического состояния объектов промышленности необходимо использовать терминологию, единую и понятную для всех тех, кто принимает участие в этом процессе. Основные термины и определения технической диагностики описаны в ГОСТ [1]. Этот стандарт устанавливает применяемые в науке и технике термины и определения основных понятий в области технического диагностирования и контроля технического состояния объектов. Ниже приведены некоторые из них.

Объект технического диагностирования (контроля технического состояния) – изделие и (или) его составные части, подлежащие

(подвергаемые) диагностированию (контролю)

Техническое состояние объекта – состояние, которое характеризуется в определенный момент времени, при определенных условиях внешней среды, значениями параметров, установленных технической документацией на объект

Техническая диагностика – область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов

Техническое диагностирование – определение технического состояния объекта

Прим. 1. Задачами технического диагностирования являются: контроль технического состояния; поиск места и определение причин отказа

(неисправности); прогнозирование технического состояния.

2. Термин «Техническое диагностирование» применяют в наименованиях и определениях понятий, когда решаемые задачи технического диагностирования равнозначны или основной задачей является поиск места и определение причин отказа (неисправности). Термин «Контроль технического состояния» применяется, когда основной задачей технического диагностирования является определение вида технического состояния

Контроль технического состояния – проверка соответствия значений параметров объекта требованиям технической документации и определение на этой основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени.

Прим. Видами технического состояния являются, например, исправное, работоспособное, неисправное, неработоспособное и т. п. в зависимости от значений параметров в данный момент времени.

Технический диагноз (результат контроля) – результат диагностирования

На основании определений указанных выше терминов можно сделать вывод о том, что «техническая диагностика» – это область знаний, иначе говоря, «наука»; «техническое диагностирование» – определение состояния, т.е. «процесс»; а диагноз – результат этого процесса.

Таким образом, можно говорить о некорректности использования выражения «диагностика технического состояния объекта», когда речь идет о процессе получения данных о том или ином объекте. Более корректно будет звучать «диагностирование технического состояния объекта».

Техническая диагностика тесно связана с другой областью знаний – теорией надежности. Поэтому и термины,

используемые в этих двух направлениях науки и техники должны соответствовать одинаковым понятиям. Вот еще некоторые термины, которые описаны в другом ГОСТе. [2]

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Прим. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта

Ремонтпригодность – свойство объекта, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта

Исправное состояние – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Неисправное состояние – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.



Работоспособное состояние – состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации

Неработоспособное состояние – состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Диагностический (контролируемый) параметр – параметр объекта, используемый при его диагностировании (контроле).

Наибольшее внимание из данных определений необходимо уделить термину «работоспособное состояние». Ведь работоспособность объекта может быть полной, а может и неполной. Иными словами, можно говорить о частичной работоспособности (частичной неработоспособности), т.е. о состоянии, когда объектом выполняются не все функции из числа тех, которые указаны в технической документации. Из приведенного определения работоспособного состояния следует, что выполнение объектом своих рабочих функций (полностью или частично) будет иметь место лишь в том случае, если соответствующие параметры, ответственные за эти функции, будут находиться в заданных пределах. Поскольку эти пределы устанавливаются НТД на объект, то их перечень и пределы допустимых значений при работе объекта в нормальном режиме (работоспособном состоянии) определяются конструктором данного изделия на этапе подготовки проектной документации. Это достаточно важно, хотя и не всегда выполняется по причине сложности данной задачи,

поскольку при проектировании нового изделия отсутствуют, как правило, аналоги с некоторым опытом эксплуатации. Тем не менее, при проведении диагностирования такая задача должна быть решена. При отсутствии соответствующей информации в конструкторской документации или в документации на эксплуатацию диагностируемого объекта данная задача возникает у диагностического персонала. Таким образом, еще до начала процедуры диагностирования этот персонал должен понимать не только принципы штатного и нештатного функционирования диагностируемого объекта, но и знать его структурную и функциональную схемы, иметь разработанные математическую и диагностическую модели объекта. Эти модели и дают возможность выполнить оценку интервалов допустимых значений параметров, определяющих выполнение непрерывным объектом (техническое состояние определяется значениями параметров из некоторых непрерывных областей их изменения) заданных функций.

Совокупность диагностических параметров – это некоторое количество параметров объекта, от значений которых и зависит вывод о техническом состоянии этого объекта. Это количество, с одной стороны, должно максимально объективно отражать свойства элементов объекта и самого объекта в целом. С другой стороны, оно должно быть минимальным для того, чтобы не было избыточной информации. Кроме того, работоспособное состояние элемента или объекта может определяться не каким-то конкретным значением параметра, а какой-то функциональной зависимостью одной величины от другой.

Еще один термин, который не получил никакого освещения в ГОСТе – «контроль». Определено лишь понятие «контроль технического состояния».



Если же под словом «контроль» понимается измерение или определение, в том числе и при проведении процедуры диагностирования, каких-то величин, то не всякие из них будут приводить к получению параметров или характеристик диагностируемого объекта, определяющих его техническое состояние.

Существует еще ряд вопросов, связанных с терминологией технической

диагностики, решение которых должно привести к созданию четкой и полной системы определений, на основе которых может быть подготовлен новый вариант ГОСТа. Внесение ясности в поставленные вопросы позволит в будущем создавать системы диагностирования широкого круга технических объектов на единых принципах.

Литература

1. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1990.
2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Изд-во стандартов, 1989.



ТЕХНОЛОГИЯ УСИЛЕНИЯ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 67

Курченко В.Э.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Новиков В.П.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Евсеев В.А.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Елисеев Д.Н.	Начальник отдела ЗиС Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Горбунов Д.В.	Эксперт отдела экспертизы зданий и сооружений ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал

03.12.2015

Одним из наиболее распространенных видов повреждений построек из камня является их растрескивание. Наиболее частыми причинами, вызывающими образование трещин в каменных конструкциях, по статистике являются:

- неравномерные осадки оснований (65-75%);
- перегрузка конструкций (10-15%);
- температурные деформации (10-15%);
- влажностные деформации (5-8%);
- особые нагрузки и воздействия (2-5%).

Основной целью обследования зданий и сооружений является получение информации, необходимой для оценки технического состояния и несущей способности строительных конструкций. От степени достоверности полученной информации зависит правильность выводов о пригодности конструкций к эксплуатации, а также эффективность проектных решений по их ремонту и усилению.

Для каменных конструкций одной из важнейших характеристик, по которой производится оценка их эксплуата-

ционной пригодности, является прочность каменной кладки при сжатии. В отечественной практике для приближенной оценки прочности кирпича и раствора в кладке при обследовании строительных конструкций чаще применяются приборы неразрушающего контроля, принцип действия которых основан на методе ударного импульса. В частности, для определения прочности раствора и строительной керамики используется измеритель прочности бетона ИПС-МГ4.01 с энергией удара 0.16 Нм. Практика обследования показала, что точность определения прочностных показателей кладочных материалов при сжатии по этой методике неудовлетворительна. Методом ударного импульса оцениваются прочностные показатели камня и раствора приповерхностных участков кладки, тогда как по толщине конструкции показатели могут существенно отличаться. Поэтому данный метод неразрушающего контроля рекомендуется использовать только для качественной оценки прочностных

показателей кладочных элементов и раствора.

Среди традиционных способов усиления каменных конструкций наибольшее распространение получили стальные и железобетонные обоймы, металлические пояса и накладки, перекладка кладки и др. Большинство из них трудоемки в реализации, дорогостоящи, а применительно к историческим зданиям некоторые из них вовсе неприменимы по эстетическим соображениям. Вследствие этого для ремонта и усиления каменных конструкций все большее применение получают новые технологии и материалы. К последним, в частности, относятся композиты в виде ламелей, матов и сеток, изготавливаемые из углеродных, арамидных и стекловолокон. Их прочность зачастую превышает прочность стали, в связи с чем они используются для усиления не только каменных, но железобетонных и даже металлических конструкций в качестве поверхностного армирования. Соединение таких материалов с усиливаемой конструкцией обычно осуществляется с помощью составов на основе эпоксидной смолы. Коммерческое название такой системы усиления за рубежом известно как FRP (Fibre Reinforced Polymers). Эта система, однако, обладает рядом недостатков:

- для надежного сцепления материала усиления с конструкцией поверхность последней должна быть сухой и выровненной;
- работы по усилению должны осуществляться при положительных температурах и нормальной влажности воздуха для отверждения клея, а его низкая живучесть требует быстроты приклеивания;
- клеевое соединение обладает низкой огнестойкостью, поскольку деструкция эпоксидного клея начинается при температуре 50-100°C;

- учитывая органическое происхождение эпоксидных клеев, соединения с их помощью обладают низкой долговечностью из-за их строения;
- технология приклеивания на эпоксидном клее является вредной для здоровья;
- усиление должно выполняться высококвалифицированными рабочими и специализированными фирмами.

Отмеченных недостатков удается избежать при использовании вместо клея специальных штукатурных растворов из неорганических минеральных материалов с модифицированными полимерными добавками. Технология усиления при этом заключается в следующем. На очищенную от штукатурки и загрязнений поверхность каменной кладки после ее увлажнения наносится слой клеящего штукатурного раствора толщиной 3 мм, в который утапливается армирующая сетка из композиционных материалов. Затем наносится защитный штукатурный слой толщиной 8-10 мм, поверхность которого подвергается финишной обработке. При необходимости, в защитный слой может утапливаться вторая сетка, обеспечивающая повышенную прочность усиления.

К достоинствам рассматриваемого способа усиления следует отнести его универсальность и возможность применения для любых форм и очертаний усиливаемых конструкций.

Поскольку материалы, используемые в рассматриваемых методах усиления, имеют достаточно высокую стоимость, эффективность их применения должна быть обоснована соответствующим расчетом. Армирующие элементы должны размещаться так, чтобы их направления (волокна сеток или спиралевидные связи) были перпендикулярны трещинам либо,



при отсутствии последних, совпадали с траекторией главных растягивающих напряжений. Для правильной оценки напряженно-деформированного состояния каменной кладки полезным является многоуровневый (иерархический) подход при ее математическом моделировании:

- a) камень, раствор;
- b) малый представительный элемент каменной кладки, для которого

должны быть построены зависимости «нагрузка-перемещение»;

- c) характерные отдельные фрагменты каменной конструкции (столб, перемычка, свод и т.д.);
- d) каменная конструкция в целом.

При этом необходимо обеспечить инженерную доступность моделей на каждом уровне и практическую возможность их применения при проектировании.

Литература

1. Серов А., Орлович Р., Морозов И. Мониторинг трещин в каменных зданиях: современные методы //Архитектура, дизайн и строительство, Санкт-Петербург.–2009.– №1.
2. Слоистые кладки в каркасно-монолитном строительстве //Технологии строительства.– 2009.–1.
3. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий //ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. – М., 1988.
4. Райзер В.Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций.– М.: АСВ.–1995.
5. Деркач В.Н., Жерносек Н.М. Методы оценки прочности каменной кладки, в отечественной и зарубежной практике обследования зданий и сооружений// Вестник Белорусско-Российского университета.–2010.- №3.
6. Орлович Р., Мантегацца Д., Найчук А., Деркач В. Современные способы ремонта и усиление каменных конструкций //Архитектура, дизайн и строительство, Санкт-Петербург. – 2010. – №1.
7. Павлова М., Моськина О., Пыхяла Я. Выполнено из кирпича //Строительный эксперт. – 2009. – №11.



АНАЛИЗ СНИЖЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ВОЗНИКАЮЩЕЙ НА ФОНЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА

УДК 67

Курченко В.Э.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Новиков В.П.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Рогожев И.В.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Елисеев Д.Н.	Начальник отдела ЗиС Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Горбунов Д.В.	Эксперт отдела экспертизы зданий и сооружений ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал

03.12.2015

Ключевые слова: *строительные конструкции, обследование.*

Специалистами в области промышленной безопасности, в процессе обследования промышленных объектов проводится анализ данных и ведется определенная статистика. Данная работа направлена на выявление причин возникновения всевозможных разрушений, деформаций и, как следствие, снижения несущей способности промышленных строительных комплексов в целом. Отслеживаются также результаты проводимых на предприятиях технологических реконструкций, связанных в основном, с увеличением мощностей производств, которые, в свою очередь, ведут к обязательным изменениям объемно-планировочных решений.

По прогнозам специалистов, сроки по замене технологических процессов и оборудования, составляют в настоящее время от 2 до 8 лет и имеют тенденцию к сокращению. Для технологий по выпуску строительных конструкций

характерен наиболее короткий интервал технических перевооружений.

Опыт технически развитых стран оказывает существенное влияние на экономический рост, смену форм собственности и на средства производств. Что, в свою очередь, влечет за собой и частоту смены выпускаемой продукции и смену ее качественных характеристик, а также приемы организации промышленных производств.

При таком, уже установившемся и традиционном подходе к технологической реконструкции, остро встает вопрос и влечет за собой необходимость преобразований строительной части предприятий. Объемно-планировочные решения, если они не обладают достаточной степенью приспособляемости к изменениям технологии, становятся тормозом на пути развития производства.

В свою очередь ужесточаются требования к экологической безопасности и к условиям труда, что отражается на объемно-



пространственной структуре предприятий и промышленных зданий.

Осуществление постоянного контроля за состоянием, как несущих, так и ненесущих конструктивных элементов становится физически не возможным, т.к. производственные объекты находятся в постоянной работе, происходит постоянное наращивания мощностей и увеличение объемов производств.

Все существующие строительные конструкции работают на пределе своих, и так уже ограниченных, возможностей. Это приводит к ускорению процесса износа и, как следствие, более быстрой потере несущей способности строительных конструкций.

По результатам многолетних наблюдений, сделаны выводы об основных причинах возникновения этих проблем и существовании взаимосвязи процессов разрушения в целом. При проведении обследований замечено, что прослеживается четкая зависимость: физический износ, в длительном периоде, ненесущих конструктивных элементов приводит к разрушению несущих конструкций, при которых возникают основные дефекты и повреждения, приводящие к снижению несущей способности и эксплуатационных характеристик всего строительного объекта. В дальнейшем существует опасность внезапного разрушения. Функционирование несущих конструкций возможно только при постоянном контроле их состояния.

Объединяющим фактором для несущих конструктивных элементов является их надежность и долговечность. Большинство из них являются несменяемыми конструктивными элементами, срок службы которых равен сроку службы здания в целом. Исключением, пожалуй, являются крыша и некоторые варианты конструкций перекрытий и покрытия.

Возникновение у таких конструктивных элементов предельного состояния по прочности может привести к серьезным последствиям экономического и социального характера. При неблагоприятных условиях разрушение ответственной несущей конструкции может привести к разрушению всего здания или большей его части. Также это сопровождается гибелью людей и уничтожением дорогостоящего оборудования.

Общим для всех ненесущих конструктивных элементов можно считать их, как правило, короткий срок эксплуатации – «сменяемость». Суть физического износа данных элементов — наличие внешних дефектов, так называемая потеря потребительских качеств. К ненесущим конструктивным элементам мы относим: ненесущие (навесные) стены, элементы навесного фасада, перегородки, полы, кровлю, окна, двери, отделку, из прочих элементов — отмокту. В этот список также можно добавить и все инженерные коммуникации, устройства и системы с ними связанные, которыми насыщены производственные территории.

Отказ или ветхость ненесущих конструктивных элементов, как правило, не приводит к серьезным социальным или экономическим последствиям. В результате выхода из строя таких элементов принимается решение о восстановительных или замещающих затратах.

Однако как раз этот аспект и является ключевым в ситуации, которую мы анализируем.

Такие решения, не всегда своевременны и не всегда эффективны, т.к. невозможно охватить весь объем работ в сложной экономической ситуации многих промышленных предприятий, а также в свете масштабного износа конструкций. Основная масса современных



промышленных производств создается на базе предприятий, находившихся в эксплуатации более 50 лет, после проведения реконструкций в технологическом и в объемно-планировочном аспекте.

Частые восстановительно-ремонтные работы привычными методами уже не дают ожидаемого результата, по различным причинам:

- неудовлетворительного состояния несущих конструктивных элементов и большие объемы конструкций,

- увеличивающиеся в процессе эксплуатации технологические нагрузки, связанные с расширением производств;

- использование для производства ремонтно-восстановительных работ привычных «дедовских» методов, которые не «работают» на фоне растущих нагрузок на несущие строительные элементы, находящиеся на пределе своего срока эксплуатации не всегда учитывается специфика производств и степень износа строительных объектов, их несущих и несущих элементов. Работающие «на пределе» строительные конструкции оказываются под воздействием агрессивных веществ технологических

производств, что в свою очередь усугубляет ситуацию.

Проводя сравнительные анализы способов производства работ по восстановлению несущей способности основных конструктивных элементов промышленных объектов для обеспечения и нормализации производственных процессов, обеспечения промышленной безопасности, специалисты делают выводы о необходимости более жесткого контроля за планировочной реконструкцией, отдельных цехов, промышленных помещений, промзданий в целом и применении более современных методов при ремонтно - восстановительных работах.

Увы, промышленные предприятия на «периферии» привыкли обходиться привычными методами. К сожалению, эти методы являются менее долговечными и менее эффективными и ведение восстановительных работ и реконструкция производственных помещений не дает такого необходимого результата. Срок службы строительных конструкций неумолимо сокращается, а возможность потери несущей способности строительных комплексов растет с каждым днем.

Литература

1. Справочник строителя. Реконструкция промышленных предприятий. Топчий В.Д., Гребенник Р.А., Стройиздат, 1990г.
2. Пособие по практическому выявлению пригодности к восстановлению поврежденных строительных конструкций зданий и сооружений и способам их оперативного усиления. АО ЦНИИПромзданий, 1996г.
3. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий АО ЦНИИПромзданий, 1997г.
4. Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов. Госстрой России. Главная инспекция госархстройнадзора. 1993г.



О СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 67

Курченко В.Э.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Новиков В.П.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Малкин В.А.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Елисеев Д.Н.	Начальник отдела ЗиС Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Горбунов Д.В.	Эксперт отдела экспертизы зданий и сооружений ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал

03.12.2015

Ключевые слова: *строительные конструкции, ремонтно-восстановительные работы.*

В процессе проведения обследований строительных конструкций промышленных объектов замечено, что существует четкая взаимосвязь: физический износ (в длительном периоде) несущих конструктивных элементов приводит к разрушению несущих конструкций, при которых возникают дефекты и повреждения, приводящие к снижению несущей способности и эксплуатационных характеристик. В дальнейшем существует опасность их внезапного разрушения и функционирование несущих конструкций возможно только при постоянном контроле их состояния.

Объединяющим для несущих конструктивных элементов является их надежность и долговечность. Большинство из них называются несменяемыми конструктивными элементами, срок службы которых равен сроку службы здания в целом. Исключением являются: крыша и некоторые варианты конструкций перекрытий и покрытия.

Возникновение у таких конструктивных элементов предельного состояния по прочности может привести к серьезным последствиям экономического и социального характера. При неблагоприятных условиях разрушение ответственной несущей конструкции может привести к разрушению всего здания или большей его части. Также это сопровождается гибелью людей и уничтожением дорогостоящего оборудования.

Для всех несущих конструктивных элементов общим можно считать их, как правило, короткий срок эксплуатации – «сменяемость», а суть их физического износа — наличие внешних дефектов (потеря потребительских качеств). К несущим конструктивным элементам мы относим: несущие (навесные) стены, элементы навесного фасада, перегородки, полы, кровлю, окна, двери, отделку, из прочих элементов – отмоксту. Сюда относятся также и все инженерные устройства.

Отказ или ветхость несущих конструктивных элементов, как правило, не приводит к серьезным социальным или экономическим последствиям. В результате выхода из строя таких элементов принимается решение о восстановительных или замещающих затратах.

Однако такие решения, не всегда своевременны и не всегда эффективны т.к. невозможно охватить весь объем работ в сложной экономической ситуации многих промышленных предприятий, а также в свете масштабного износа несущих конструкций (современные промышленные производства созданы на базе предприятий, находившихся в эксплуатации более 50 лет).

Частые восстановительно-ремонтные работы привычными методами уже не дают ожидаемого результата, по различным причинам, в том числе и по причине неудовлетворительного состояния несущих конструктивных элементов.

Проводя сравнительные анализы способов производства работ восстановлению несущей способности основных конструктивных элементов промышленных объектов для обеспечения и нормализации производственных процессов, обеспечения промышленной безопасности, были сделаны выводы о необходимости применения при ремонтно-восстановительных работах более современных методов производства.

В перечень дефектов, определяемых по результатам обследований основных железобетонных несущих элементов, проводимых специалистами на территориях промышленных объектов, входят и являются многочисленными такие повреждения железобетонных конструкции как:

- «отстрел» защитного слоя,
- коррозия арматуры и бетона,
- наличие трещин, непроектных прогибов.

В дальнейшем основной целью является восстановление их эксплуатационных свойств и повышение долговечности.

Одним из эффективных методов, уже зарекомендовавшим себя зарубежом и в ряде регионов России, является применение для усиления железобетонных конструкций внешнего армирования композиционными материалами на основе углеродных, арамидных и стеклянных волокон (фиброармированных пластиков).

Рассмотрим основные положения для применения данного метода при наиболее распространенных дефектах, возникающих в ходе эксплуатации.

Системы фиброармированных пластиков можно использовать для обеспечения дополнительной прочности на растяжение железобетонного элемента. Благодаря линейно-упругой работе материалов фиброармированных пластиков, вклад ее в увеличении прочности на растяжение линейно связан с уровнем деформации.

Использование фиброармированных пластиков не останавливает начавшиеся процессы коррозии арматурной стали в бетоне. Поэтому перед усилением конструкции необходимо обработать бетонную поверхность мигрирующим ингибитором коррозии арматурной стали, а при отделении защитного слоя - оголить арматуру и обработать её грунтом-преобразователем ржавчины и затем восстановить защитный слой специальными полимерцементными ремонтными составами, обеспечивающими высокую адгезию к «старому» бетону, предотвращение развития коррозии арматуры.



Система усиления фиброармированными пластиками включает в себя:

- грунтовки бетонных поверхностей;
- шпаклевочные составы;
- адгезивы;
- одно или двунаправленные ткани или ламинаты.

В отдельных случаях могут также использоваться защитные и противопожарные покрытия. Грунтовки наносятся на всю оклеиваемую поверхность для пропитки бетонного основания и обеспечения необходимого сцепления адгезива и пропитывающей ткань состава с бетонной поверхностью. Шпаклевочные составы применяются для заполнения каверн и выравнивания поверхности. Адгезивы – составы для пропитки и наклейки тканей и ламинатов на поверхность конструкции.

Как правило, для системы фиброармированных пластиков применяются эпоксидные, полиэфирные или винил-эфирные смолы (наиболее универсальными являются эпоксидные смолы). Эти смолы обеспечивают достаточное сцепление (адгезию) с бетоном и с используемыми для усиления тканями или ламинатами. Они должны быть долговечными, в т.ч. стойкими к воздействию влажности, экстремальных температур, различных агрессивных сред, соленой воды, а также должны хорошо пропитывать используемые ткани.

Схемы усиления типов конструкций данным методом разнообразны, в основном производится:

- для сжатых и внецентренно сжатых конструкций (колонны, простенки) - путем устройства вокруг сечения элементов бандажей с направлением волокон перпендикулярно продольной оси усиливаемой конструкции. При этом бандажи устанавливаются по всей высоте конструкции;
- для усиления изгибаемых балочных конструкций осуществляется наклейка фиброармированных пластиков на нижнюю поверхность ребра с направлением волокон вдоль оси усиливаемой конструкции и вертикальных, либо наклонных хомутов в приопорной зоне с направлением волокон перпендикулярно продольной оси;
- для усиления плитных конструкций применяется наклейка на нижнюю поверхность накладок из фиброармированных пластиков с направлением волокон вдоль оси конструкции и поверх них поперечных накладок с направлением волокон перпендикулярно продольных накладок.

Какие методы в данной ситуации окажутся наиболее результативными, долговечными и экономически обоснованными? Споры ведутся, приводятся весомые доводы, а вопрос остается открытым.

Литература

1. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами., НИИЖБ, М. 2006.
2. Классификатор основных видов дефектов в строительстве и промышленности строительных материалов. Госстрой России. Главная инспекция госархстройнадзора. 1993г.
3. ГОСТ 25.601-80 «Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах».



4. Чернявский В. Л., Аксельрод Е. З. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами.// «Жилищное строительство», №3, 2003.



СВАРКА АЛЮМИНИЯ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

УДК 67

Евсеев В.А.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Рогожев И.В.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Малкин В.А.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Елисеев Д.Н.	Начальник отдела ЗиС Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Горбунов Д.В.	Эксперт отдела экспертизы зданий и сооружений ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал

03.12.2015

Ключевые слова: ремонт металлоконструкций, сварка, алюминий.

Алюминий и его сплавы широко применяются в краностроении и промышленности в виде листов, труб и другого профильного материала. Сплавы алюминия имеют механические свойства при малой плотности, что достигается легированием их Mn, Hg, Si, Ni, Cr. Алюминиевые сплавы делят на две группы – деформируемые и литейные.

Деформируемые, в свою очередь, делятся на **неупрочняемые** и **упрочняемые** термообработкой. К деформируемым упрочняемым сплавам алюминия относят сплавы с Mg или Mn, а к термическим упрочняемым – дюралюмины Д1; Д16 и сплавы АВ, АК и В – 95. Из **литейных** сплавов наибольшее распространение получили силумины – сплавы Al с Si (4 – 12% Si). Литейные сплавы применяют для деталей, имеющих сложную конфигурацию. Основной трудностью при сварке алюминия является образование на его поверхности оксидной пленки с температурой плавления 2050 °С, которая затрудняет плавление металла с плавлением сварочных кромок. Оксидная пленка

имеет плотность 3,85 г/см³ и остается на поверхности сварочной ванны. Другая трудность при сварке алюминия заключается в том, что при нагревании алюминий не меняет цвет, и поэтому трудно уловить момент начала его плавления. Для этого требуется опыт и навык сварщика.

При сварке алюминия необходимо учитывать температуру и высокую теплопроводность, что требует правильного выбора мощности сварочного пламени. При сварке алюминия возникают значительные остаточные напряжения и дефекты из – за высокого значения коэффициента теплового расширения. Диаметр присадочной проволоки выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла. Температура сварки металла в миллиметрах до 1,5; 1,6-3; 3,1-5; 5,1-10; 10-15. Диаметр присадочной проволоки мм, 1,5-2,5; 2,5-3; 3-4; 4-6; 6-8.

Для сварки алюминия и его сплавов согласно ГОСТ 7871 – 75 используют 11 марок присадочной проволоки С1 – А97, Св – А5с, Св – АМn, Св – Мг3, Св – АМт5 и др.



При сварке алюминия литейных сплавов применяется присадочный металл того же состава что и основной. Основным видом соединений при газовой сварки являются стыковые соединения. Применение тавровых, угловых и нахлесточных соединений не рекомендуется. Стыковые соединения деталей толщиной (S) до 4мм выполняют без скоса кромок, с зазором от 5 до 2 мм. При $S > 5$ мм обязательно делается V образный скос кромок под углом $30 - 35^\circ$. При $S > 12$ мм рекомендуется X – образная разделка кромок. Разделку осуществляют механическим способом. Присадочную проволоку и свариваемые кромки промывают в течение 10 минут в щелочном растворе, он состоит из 20 – 25г едкого натра и 20 – 30г углекислого натрия на 1дм³ воды при температуре 65 градусов с последующей промывкой в проточной воде. После этого кромки и присадочную проволоку травят в течении 2 минут в 25% ортофосфорной кислоты или 15% растворе азотной кислоты. Затем промывка в воде.

Для удаления оксидов алюминия из свинцовой ванны применяют флюсы. Флюс содержит легкоплавкие смеси хлористых соединений, щелочных и щелочноземельных элементов, в которые добавляют небольшое количество фтористых соединений. Флюс наносят на сварочные кромки или нагретую сварочную проволоку в виде порошка или пасты приготовленной на воде или спирте. Разводят флюс в небольшом количестве из расчета хранения 4 – 5 ч. Более длительное хранение уменьшает его активность. Наибольшее распространение при газовой сварке алюминия получил флюс № 6, который выпускают под маркой АФ – 4А. Флюс наносят тонким слоем на подготовленные кромки деталей и прилегающие к шву поверхности на расстоянии трехкратной ширине шва.

При газовой сварке алюминия пламя берется нормальное и избыток кислорода и горячего газа не допускается, так как свободный кислород окисляет алюминий, а избыток горячего газа приводит к сильной пористости шва. Мощность сварки пламени выбирается из расчета ацетилена 75 дм³/час на 1мм толщины сварочного изделия.

Сварку выполняют восстановительной зоной пламени. Расстояние от конца ядра до сварочной поверхности 3 – 5мм. Сварку ведут любым способом. Угол наклона мундштука горелки к поверхности в начале должен быть 90° , а затем по мере прогрева сварочных деталей угол устанавливается в зависимости от толщины угла наклона присадочной проволоки во всех случаях равно $40 - 60^\circ$ к сварочной поверхности. Виды поперечных колебаний мундштука горелки и прутика зависят от толщины сварочного металла при сварке. Детали при сварке $S \leq 3$ мм поперечных колебаний не делают, при $S > 5$ мм применяют правый способ сварки. При газовой сварке алюминия необходимо стремиться к тому, чтобы сварка выполнялась только в нижнем положении шва. Сварку листов необходимо начинать отступив от края на 50 – 100 мм с последующей заваркой оставленного участка в обратном направлении. Сварочный процесс должен выполняться непрерывно, отрыв сварочного пламени от ванны расплавленного металла не допускается. Сварочные детали $S > 10$ мм перед сваркой необходимо нагревать до температуры – 300 - 350⁰. Литые детали из силумина до температуры 350 - 400⁰. При заварке трещин концы их рассверливают, разделяют и заваривают от середины к краям. Длинные трещины более 500 мм заваривают обратноступенчатым способом.



Литература

1. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, утвержденные приказом Ростехнадзора от 12.11.2013 г. № 533.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ.
3. Инструкция по надзору за изготовлением, ремонтом и монтажом подъемных сооружений: РД 10-08-92 (с изменением № 1 РДН 10-175(08)-98), утвержденные Постановлением Госгортехнадзора от 20.08.1999 г. № 23, от 09.01.1998 г. № 1.



ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ: ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК 67

Курченко В.Э.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Новиков В.П.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Малкин В.А.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Елисеев Д.Н.	Начальник отдела ЗиС Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Горбунов Д.В.	Эксперт отдела экспертизы зданий и сооружений ООО «Промтехэкспертиза», Северо-Кавказский филиал

03.12.2015

Ключевые слова: строительные конструкции, обследование, расчетная модель, неразрушающий контроль.

Основная проблема обследования строительных конструкций зданий и сооружений заключается в том, что идеологию системы разрабатывали проектировщики, нацеленные по своей деятельности на нормативный строительный период жизни сооружений. Аналогично, средства контроля для обследования строительных конструкций зданий и сооружений разрабатывают специалисты (электронщики, программисты, эргономисты и др.), не очень разбирающиеся в особенностях натуральных исследований в часто сложных производственных условиях. Соответственно, аппаратура, в первую очередь, предполагает использование в относительно комфортных заводских условиях или на стройплощадках. Основная трудность применения средств контроля заключается в том, что, в основном, это приборы неразрушающего контроля (НК), использующие

косвенные методы оценки характеристик материалов и, соответственно, требующие постоянной коррекции корреляционных зависимостей информационных параметров от состава материалов. Для разработки корреляционной зависимости требуется наличие большого числа образцов материалов нормативных размеров и в нормативном количестве, получение которых в натуральных условиях ограниченного доступа к конструкциям эксплуатирующихся сооружений проблематично.

Для успешного проведения обследования необходимо разрешить многочисленные проблемы технического и организационного плана, от каждой из которых, в той или иной степени, зависит полнота и достоверность информации и, соответственно, объективность выводов о фактическом состоянии конструкций и сооружения в

целом, а также прогнозирование дальнейшей их эксплуатации.

Ниже приведен ряд таких проблем.

1. Проблемы конструкционного и эксплуатационного характера.

Особенностью строительных конструкций и эксплуатирующихся сооружений, как объектов обследований, являются, в том числе:

- различия во временном отрезке строительства, срока и периода эксплуатации;
- нарушения технологии строительства (применение непроектных материалов и технологий, неплановые перерывы строительного процесса, директивность сроков сдачи объектов в эксплуатации и др.);
- особенности применяемых строительных материалов и технологий;
- естественное старение материалов и конструктивных соединений;
- изменение свойств и характеристик материалов под внешним агрессивным воздействием;
- совместная работа в пространственной схеме сооружения разнородных строительных материалов с различными физико-механическими характеристиками, с различной степенью износа, коррозии, накопления и развития дефектов;
- включение в общую работу сооружения и схему нагрузок ограждающих конструкций, оборудования, трубопроводов, элементов инженерных коммуникаций;
- изменение проектных требований к сооружению в процессе эксплуатации (например, требования к сейсмичности района);
- изменение эксплуатационных характеристик, в том числе,

изменение системы нагрузок, расстройство узлов и соединений;

- изменение окружающей среды, особенно, для фундаментов: изменение систем и качества дренажа, прокладка новых коммуникаций в зоне фундаментов, демонтаж и строительство соседних зданий и сооружений;
- реконструкция внутренних инженерных коммуникаций;
- перепланировка зданий с изменением пространственной схемы несущих конструкций;
- выполнение локальных ремонтов «по месту» без проектной документации;
- климатические особенности региона;
- часто встречающаяся некомплектность проектной и эксплуатационной документации;
- смена собственника объекта и переориентация целей использования сооружения;
- несоответствие сроков эксплуатации основного установленного оборудования и строительных элементов, требующее периодической частичной реконструкции.

2. Проблемы наличия и обеспечения полноты информации и надлежащего доступа к контролируемым конструкциям

Все деструктивные процессы, протекающие в строительных конструкциях, можно считать длительными и вялотекущими до определенного критического периода. Во многих случаях осуществлять непрерывный мониторинг или обычный периодический контроль состояния конструкций (если не произошло форс-мажорных событий или не появились требования к изменению системы эксплуатации, или перед реконструкцией) достаточно сложно или просто невозможно.

Периоды обследования нормализованы, но, тем не менее, зависят от расчетной долговечности конструкций. Так как основное количество строительных конструкций рассчитано на эксплуатацию в течение десятков лет, то и отношение к обязательному контролю неоднозначное. Многие собственники живут

«сегодняшним днем» – авось, и так сойдет, а что будет завтра – это «головная боль» следующих поколений собственников. Поэтому часто нарушаются проектные условия эксплуатации, что во многих случаях приводит к развитию процессов искусственного старения материалов, к появлению новых и развитию старых дефектов, а иногда к лавинообразному нарастанию деструктивных процессов.

К сожалению, осуществлять контроль многих конструкций сложно или вообще практически невозможно, так как конструктивно в эксплуатационном режиме он на проектном уровне не предусмотрен или требует сложных и дорогостоящих вспомогательных работ, тем более, если этот контроль проводится в эксплуатационных условиях непрерывного технологического процесса.

В последнее время появилась тенденция укрывать строительные конструкции фальшэлементами и покрытиями. Это практически лишает возможности проводить контроль в должном объеме. Кроме того, между покрытием и элементом часто создается агрессивная газовая среда, ускоряющая процессы разрушения. Несущие конструкции покрываются штукатуркой, плиткой, краской, металлом, кроме этого могут быть покрыты дополнительно производственной пылью и т.д.

Ко многим конструкциям возможен только ограниченный односторонний доступ.

3. Проблемы нормативной документации.

Нарушение советской, относительно стройно выстроенной системы нормативной документации, привело к созданию большого количества ведомственных нормативов. Если раньше существовала многоступенчатая схема формирования документов с промежуточными рассылками вариантов во все заинтересованные организации, с соответствующим обсуждением и коррекцией отдельных положений, то в настоящее время эти документы разрабатываются намного проще. Это привело, в том числе, не только к деградации их уровня, тем более что многие из них разрабатываются не ведущими специалистами направления, но даже к разнобою терминологии, например, в названии состояния конструкций, в разночтении рекомендаций по использованию методов и средств обследования.

4. Проблемы методологии обследования

Во многих случаях собственники объектов не владеют достоверной информацией о характере эксплуатации и проблемах сооружений с момента строительства до момента контроля. Проектная и исполнительская документация частично или полностью утрачена.

Желание собственника сэкономить на обследовании приводит к сокращению состава и объема исследований и, соответственно, к сокращению и достоверности результатов. В обследование попадает, прежде всего, поверхностная зона сечений конструкций, которая в основном определяет защитные свойства. Центральная часть сечения, определяющая несущую способность конструкции, остается не исследованной.



Инструментальное обследование условно можно подразделять на 2 вида:

- оценка физико-механических характеристик материалов, которая проводится в бездефектных, ненапряженных участках конструкций;
- проведение обследования конструкций методами неразрушающего контроля, то есть выявление участков аномальных результатов визуального характера и инструментальных измерений с дополнительными исследованиями этих участков для выявления характера дефекта, его расположения в конструкции, возможных размеров.

При этом необходимо осознавать, что наличие нескольких незначительных дефектов в совокупности, при определенных неблагоприятных условиях эксплуатации и нагрузок, может привести к разрушению конструкций.

5. Проблемы корректной регистрации и анализа информационных параметров.

Излишняя автоматизация съема и обработки информационных параметров, необходимая при выходном контроле изделий на заводах или на стройплощадках, неприемлема при обследовании эксплуатируемых сооружений.

Статистически обрабатывать можно только результаты, полученные в допустимо идентичных условиях состояния контролируемых участков объекта, например, состояние поверхности (шероховатость, наличие микродефектов, влажность и т.д.), с которой снимается информация. Почему особое внимание уделяется состоянию поверхности? Ответ: потому, что она наиболее часто используется как источник информации для контроля характеристик конструкции. Но ведь

именно поверхностный слой наиболее «болезненно» реагирует на агрессивное воздействие внешней среды, и все нарушения структуры материала, в начале срока эксплуатации условно равномерной по всему сечению конструкций (хотя и это достаточно сомнительно), в первую очередь, происходят именно в поверхностном слое, не затрагивая ядра сечения. Соответственно, выводы о состоянии конструкции на основании информации, полученной с поверхностного слоя, могут быть неверны по отношению к работоспособности самого элемента.

Поэтому полученная база данных даже по одной конструкции должна быть для обработки разделена на зональные информационные блоки. Эта часть результатов снята на сухой поверхности, эта – на влажном участке, эта – на промасленном, эта – на постоянно нагреваемом, на этом отсутствует техническая возможность получения надежного контакта с поверхностью и т.д. Необходимо четко понимать: характеристики материалов определяются на бездефектных однородных участках конструкций. Участки, на которых были получены аномальные результаты, должны рассматриваться индивидуально: или это свидетельство наличия дефекта, или это ошибка оператора. Если не удастся выделить участки со сходными результатами контроля, и разброс данных больше допустимого, то это свидетельствует о нарушении однородности поверхностного слоя и его структуры (при допущении соблюдения технологии изготовления конструкции).

Поэтому с большой осторожностью следует доверять результатам компьютерной обработки серии информационных параметров, записываемых автоматически в базу данных современных приборов.

6. Проблемы обеспечения

средствами контроля и их корректного применения.

Условно парк приборов, предназначенных для обследования строительных конструкций, можно разделить на 3 группы.

- a. простые для получения первичной общей информации о характеристиках материалов и о наличии дефектов;
- b. средства неразрушающего контроля – позволяющие более углубленно и комплексно исследовать участки конструкций, дающие при контроле аномальные результаты;
- c. средства лабораторных исследований образцов материалов.

Основная масса обследователей снабжена простыми приборами. Эти средства контроля просты, мобильны и удобны в обращении, относительно дешевы. Наибольший объем косвенной информации, поступающий в обработку и анализ, получается именно с них. Для использования таких приборов необходимо четко представлять границы задач, которые можно решить с их применением, границы их собственной эксплуатационной возможности (например, допуски по влажности, по температуре, по давлению и др.), степень подготовки поверхности конструкции к контакту с первичным преобразовательным элементом прибора и т.д.

Особо следует выделить проблему занесения конкретного значения в память приборов. На практике простых исследований повторный доступ в контролируемую зону конструкций на эксплуатируемом объекте часто не возможен, и перепроверка результатов при их обработке и анализе практически не осуществима. Поэтому вопрос о занесении конкретного результата в память прибора должна решаться не автоматически, а оператором, в

зависимости от условий его получения. Это, естественно, снизит оперативность контроля, но зато позволит сократить количество недостоверных результатов в общей обрабатываемой впоследствии базе данных или учесть особые условия съема локальной информации поправочными коэффициентами. Такой принцип, в частности, заложен в визуализацию принимаемых ультразвуковых сигналов приборов неразрушающего контроля.

Она позволяет:

- убедиться в правильности определения сигнала первого вступления;
- полностью просмотреть осциллограмму сигнала, оценить форму и фронт первого вступления;
- скорректировать положение временной метки первого вступления, а в случае пропуска первого вступления – принять меры по усилению сигнала, изменению положения ультра-звуковых преобразователей, контакта их с поверхностью конструкции других мер по устранению ошибок.

На промышленных объектах часто сложно обеспечить надежность снятия первичной информации и возможности ее повторяемости не только из-за сложностей надежного доступа и подготовки поверхности, но также из-за низкой помехозащищенности первичных преобразователей и линий связи с вторичной аппаратурой (повышенная вибрация для ультразвуковых методов измерения, насыщенность металлом – для магнитных методов и др.). Для дефектоскопии уровень достоверности определяется также выборочностью и дискретностью измерений, ограниченностью контроля трещин, выходящих на поверхность, необходимостью очистки поверхностей от покрытий различных видов (краска,

штукатурка, декоративные покрытия, побочные продукты технологического производства и т.д.), наличием технологических облицовок.

В инструментальных исследованиях рекомендуется одновременно использовать комплекс независимых методов, позволяющих дополнить и уточнить итоговую информацию о материалах и конструкции. Например, при обследовании железобетонных элементов применять сочетание механических, ультразвуковых и магнитного (особенно при схеме ультразвукового поверхностного прозвучивания) методов, а при обследовании фундаментов и кирпичной кладки дополнительно использовать влагомеры.

К сожалению, при работе с этой группой приборов часто встречается упрощенный (непрофессиональный) взгляд на возможности неразрушающего контроля эксплуатируемых конструкций. Это приводит к получению недостоверной информации и ошибочным выводам о состоянии конструкций и сооружений.

Группа специализированной аппаратуры неразрушающего контроля требует высокой квалификации специалистов. Приборы эти дорогостоящие, сложны в применении без специальной подготовки контролируемых участков.

Количество организаций, обладающих такой аппаратурой, невелико. Обычно средства контроля такого вида используются в экспертизах или при обследовании ответственных конструкций потенциально опасных объектов.

Лабораторные исследования проводятся при калибровке средств неразрушающего контроля, для выработки корреляционных зависимостей информационных

параметров от характеристик контролируемых материалов, а также для изучения свойств строительных материалов. При этом особую роль играет качество подготовки образцов к исследованиям. Анализ полученных результатов обязательно должен проводиться с учетом локальных особенностей участков для отбора образцов материала. Статистическая обработка проводится для материалов из идентичных участков.

7. Проблемы расчетных моделей.

Для максимально достоверной оценки технического состояния отдельных конструкций, совокупности их в сооружении и, соответственно, сооружения в целом, и для определения остаточного ресурса объектов необходимо (особенно для потенциально опасных объектов) проведение поверочных расчетов с максимальным учетом фактических характеристик материалов, конструкций и сопряжений, наличия и расположения дефектов, фактического распределения нагрузок.

В принципе, специалисты обследователи должны перед контролем иметь представления об условно «слабых» или опасных местах или сечениях конструкций. На практике, в условиях ограниченного доступа к контролируемым конструкциям или их участкам на эксплуатируемых объектах полученная информация может быть недостаточной для расчетных моделей. В таком случае расчетчики перед обследованием должны дать приоритетный набор требуемых характеристик и зон контроля, чтобы можно было ставить вопрос о необходимости организации безопасного доступа к зонам необходимого контроля и о подготовке конструкции к контролю, а также формировать комплекс средств контроля.

Однако наибольшей трудностью является создание расчетных моделей и программ, реализующих полученную информацию. В СНиПах и технической литературе, в основном, рассматриваются линейные, плоскостные или идеализированные пространственные модели и для расчета условные идеализированные характеристики материалов, однородные для контролируемых конструкций и сооружений.

Однако существующие схемы расчетов в той или иной степени пригодны только для нормативного строительного периода. В процессе эксплуатации меняются характеристики материалов (например, в нормальных температурно-влажностных условиях бетон в зависимости от состава с годами набирает прочность до 150- 250% от марочной), металл корродирует, характер сопряжений изменяется, в перекрытиях и стенах вырубается непроектные технологические отверстия и проемы, основания адаптируются к реальной геологической обстановке, происходит пространственное перераспределение нагрузок и воздействий и т.д.

Нормативные требования к прогибам, изгибам, отклонениям от вертикали отдельных конструкций не выполняются, однако сооружения при этом могут не испытывать опасных деформационных изменений.

Наблюдаются многочисленные случаи, когда сооружения успешно эксплуатируются даже без наличия отдельных проектных несущих элементов, элементов связи, элементов, формирующих фермы и т.д. То есть пространственный запас прочности сооружений фактически значительно завышен.

Неоднозначным может быть требование к оценке опасности выявленных дефектов. Одинаковые по

виду трещины могут быть опасны или нет в зависимости от их развития в существующей системе нагрузок и условий эксплуатации конструкций (при их смене требуется поверочный расчет и, при необходимости, проведение ремонтно-восстановительных мероприятий). Основная масса трещин возникает в период строительства и начальный (адаптационный) период эксплуатации. В дальнейшем характеристики трещин обычно стабилизируются и трещины не развиваются. Допустимость нормативного раскрытия трещин также зачастую фактически определяется не силовым воздействием, а защитной функцией, минимизирующей воздействие окружающей среды (влажность, кислотность и т.д.) на арматуру, находящуюся в зоне трещин.

Соответственно, степень учета в расчете выявленных дефектов в зависимости от их размеров, положения в конструкции и потенциальной степени опасности при развитии должны рассматриваться в каждом конкретном случае в зависимости от требований к дальнейшей эксплуатации конструкции и сооружения в целом.

Естественно, необходимо, в первую очередь, устранять или минимизировать причины, вызывающие образование дефектов. При этом все значимые дефекты должны быть (желательно на начальном этапе эксплуатации сооружений) устранены или зафиксированы с назначением участков контроля для предотвращения возможности и последствия их развития и создания опасного сочетания, влияющего на работоспособность конструкции.

В заключении необходимо отметить следующее. Участвовавшие в последнее время аварии свидетельствуют о недостаточности контроля технического состояния строительных конструкций.



Инвестиции в разработку новых методов и средств, предназначенных для периодического контроля или мониторинга опасных эксплуатируемых объектов, явно недостаточны без государственной поддержки. Необходимы срочное создание научно-

технической программы по разработке методов, средств и нормативной базы для контроля состояния строительных конструкций в производственных условиях и организация подготовки специалистов, участие в разработках надзорных органов.

Литература

1. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. Госстрой России. М., 2004.
2. Штенгель В.Г. О методах и средствах НК для исследования эксплуатируемых железобетонных конструкций // В мире НК. – 2002. – №2. 12-15с.
3. Штенгель В.Г. О корректном применении НК в обследованиях железобетонных конструкций длительно эксплуатирующихся сооружений // В мире НК. – 2009. – №3.56-62с.
4. Еремин К.И., Матвеюшкин С.А. Особенности экспертизы и НК металлических конструкций эксплуатируемых сооружений // В мире НК. – 2008. – № 4. 4-7с.
5. Моннанов И.И., Столбов А.В. О качестве работ по обследованию зданий и сооружений // Предотвращение аварий зданий и сооружений: Сб. науч. тр. под ред. Еремина К.И.– М., 2008.86-92с.
6. Коковкин А.Ю. Новый подход к определению категорий технического состояния несущих строительных конструкций зданий и сооружений // Предотвращение аварий зданий и сооружений : Сб. науч. тр. под ред. Еремина К.И. – М., 2008. 109-117с.
7. Коршунов Д.А. Оценка прочности бетона в конструкциях при их возведении и эксплуатации // В мире НК. – 2006. – №2. 40-42с.
8. Штенгель В.Г. Ультразвуковой контроль структуры бетона// В мире НК.–2004.–№1.4-7с.



ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ ШВОВ ТИПА НЕПРОВАР И НЕСПЛАВЛЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО КОНТРОЛЯ

УДК 620.179.17; 620.111.3; 620.179.162

Куценко М.М.	Эксперт Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Чуфаров М.В.	Инженер-дефектоскопист ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Зорин П.Н.	Эксперт ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Бикинеев Д.В.	Эксперт ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Лашаев М.А.	Инженер ООО «Профиль»

10.12.2015

Основное преимущество метода акустико-эмиссионного контроля (далее – АЭК) связано с возможностью проведения неразрушающего контроля всего объекта целиком за один цикл нагружения.

Данный метод является дистанционным, он не требует сканирования поверхности объекта для поиска локальных дефектов. Необходимо просто правильным образом расположить нужное число датчиков и использовать их для осуществления локации источника волн напряжений. Возможности, связанные с дистанционным использованием метода, дают большие преимущества по сравнению с другими методами контроля, которые требуют, например, удаления изоляционных оболочек, освобождения объекта контроля от внутреннего содержания или сканирования больших поверхностей. Типичный пример использования АЭ заключается в определении местоположения дефектных участков, после чего для более точного определения природы дефектов используются другие методы

неразрушающего контроля (далее – МНК).

Пример выполненной работы.

Данные об объекте:

- наименование объекта: емкость;
- дата изготовления: июль 2014г.;
- материал: 12ХМ, ГОСТ 5520;
- диаметр внутренний: 7000 мм;
- толщина стенки (корпус/днище) : 30,0/ 22,0-55,0 мм;
- высота: 23430 мм;
- рабочее давление: 2,5 кгс/см²;
- расчетное давление: 5,0кгс/см²;
- рабочая среда: НАР(нафта);DSL(дизель); VGO(вакуумный газойль); VR(вакуумный остаток);
- рабочая температура: +80-470оС;
- расчетная температура: +500°С;
- состояние поверхности: не теплоизолирована, не окрашена ;
- характеристика затухания волн: 3 дБ/м
- скорость распространения АЭ волн: 3200 м/с
- эскиз объекта контроля и схема размещения ПАЭ: рис. 1.



Дополнительные сведения об объекте:

- Риск = 0,985 Мпа (9,85 кгс/см²), согл. чертежа МК 8270.00.000 СБ;
- подлежит окраске и изоляции;
- тип и условия испытаний: пневматическое;
- рабочее тело: воздух;
- температура объекта при испытании: + 25 оС;
- окружающей среды при испытании: +25 оС;
- нагружающее оборудование: компрессор;
- испытательное давление: 9,85 кгс/см²

Параметры графика нагружения:

- время выдержки: 10;10;10;10;10;10; (мин.);
- величины нагрузок при выдержках: 2,5;3,7;5,0;9,8;5,09,85 (кгс/см²) (см. график нагружения, рис. 3);
- тип и характеристика АЭ-аппаратуры, включая название фирмы изготовителя, модель и номер прибора: АЭ-система «МАЛАХИТ АС-12А» зав.№42-2003, разработана Российским научным центром «Курчатовский институт», Россия;
- число и тип преобразователей: 16шт., ДРБИ – резонансные, fr = 55 кГц;
- контактная среда: литол.

Режим работы аппаратуры АЭ и проверка ее работоспособности до (и после) испытаний:

- коэффициент предварительного усиления: 34 дБ
- коэффициент основного усиления по каналам: 0 дБ
- порог плавающий: 25 дБ
- уровень собственных шумов: 8 мкВ
- ИКП: 50 мкс
- ИКД: 100 мкс

- ИКК: 300 мкс

▪ рабочая полоса частот: 100 – 300 кГц
Изменения параметров аппаратуры в ходе испытаний не проводились.

Перечень графического материала:

- эскиз объекта контроля и схема расстановки ПАЭ: рис. 1;
- результаты регистрации АЭ: рис. 2.

В ходе проведения испытания, на локационной карте объекта испытания отобразились области активных источников, свидетельствующих о наличии дефекта сварного шва. При переносе области активных источников на объект контроля, место расположения области дефекта отобразилось на сварном шве.

По результатам АЭ контроля был проведен дубль контроль с применением ультразвуковой дефектоскопии (УЗД) выявленной области, который подтвердил дефект в виде не провара в корне шва - глубина залегания 12,5 мм, эквивалентная площадь 6,9 мм (Фото. 1). Непровар, является одним из основных дефектов сварного соединения – это участок сварного соединения, где отсутствует сплавление между свариваемыми деталями, например, в корне шва, между основным и наплавленным металлом (по кромке) или между смежными слоями наплавленного металла. Непровары уменьшают рабочее сечение сварного шва, что может привести к снижению работоспособности сварного соединения. Являясь концентраторами напряжений, непровары могут вызвать появление трещин, уменьшить коррозионную стойкость сварного соединения, привести к коррозионному растрескиванию.

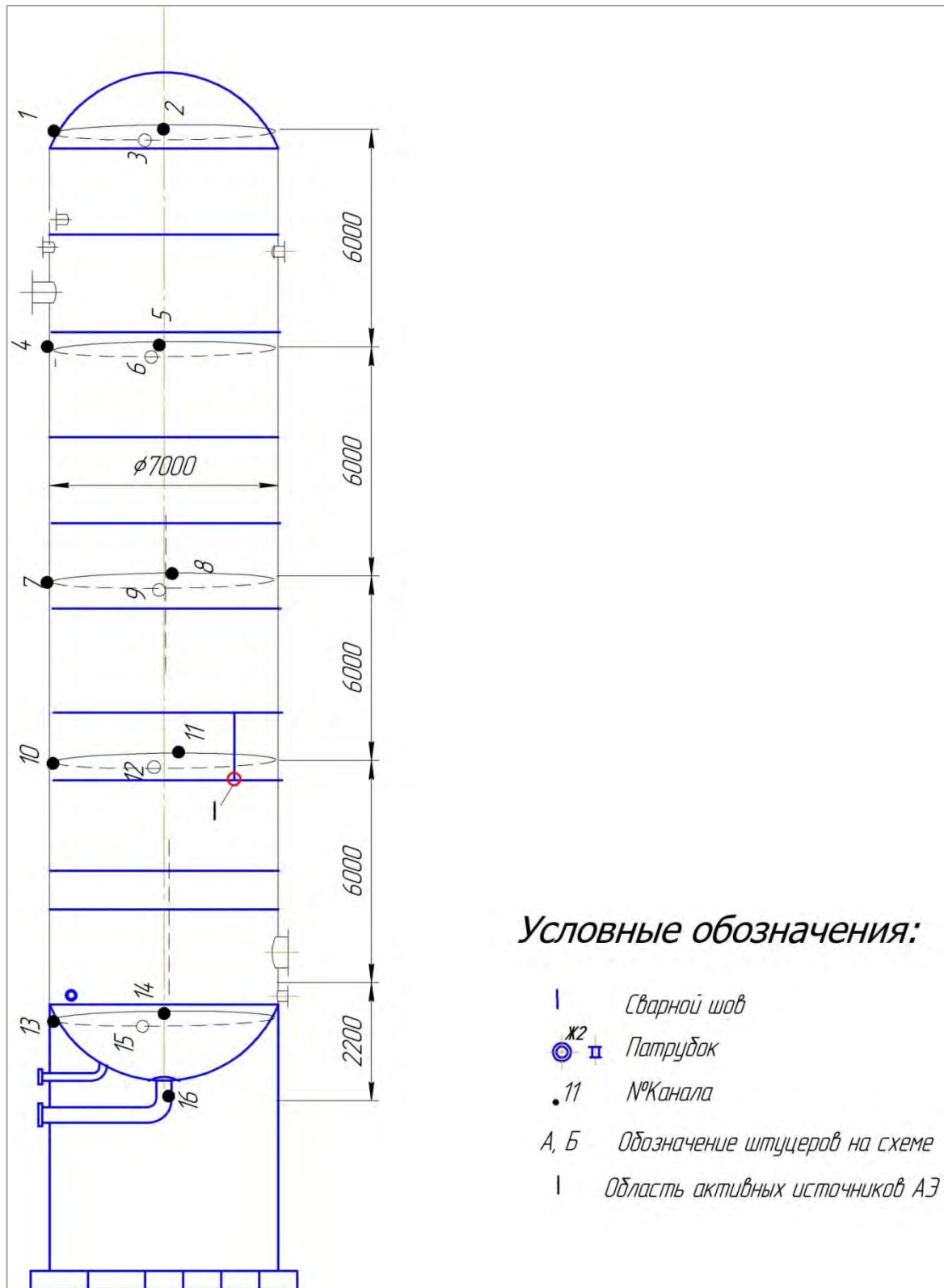


Рис. 1. Эскиз объекта контроля и схема расстановки ПАЭ.

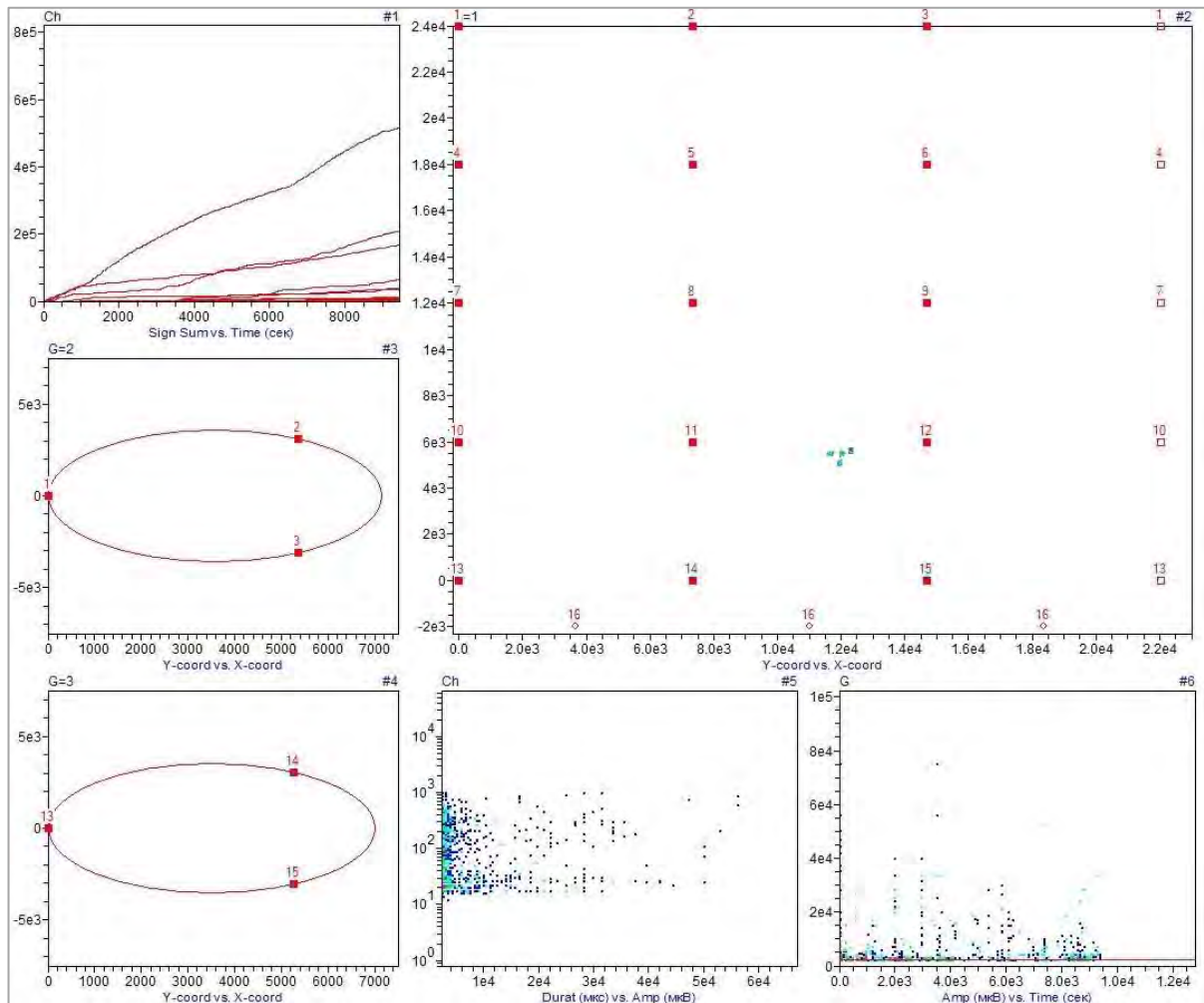


Рис. 2. Результаты регистрации АЭ.

В нашем случае имеет место непровар – в корне двустороннего стыкового шва, с распространением по кромке между основным и наплавленным металлом.

Причина непровара:

- 1) малая величина сварочного тока;
- 2) большая скорость перемещения электрода;
- 3) слишком большая длина дуги;
- 4) малый угол скоса кромок или большая величина притупления;
- 5) смещение и перекосы свариваемых кромок;

- 6) малая величина зазора между кромками;
- 7) несоответственно большой диаметр электрода;
- 8) затекание шлака в зазоры между свариваемыми кромками;
- 9) неправильный выбор полярности для данной марки электродов.

Непровар является очень опасным дефектом сварки.

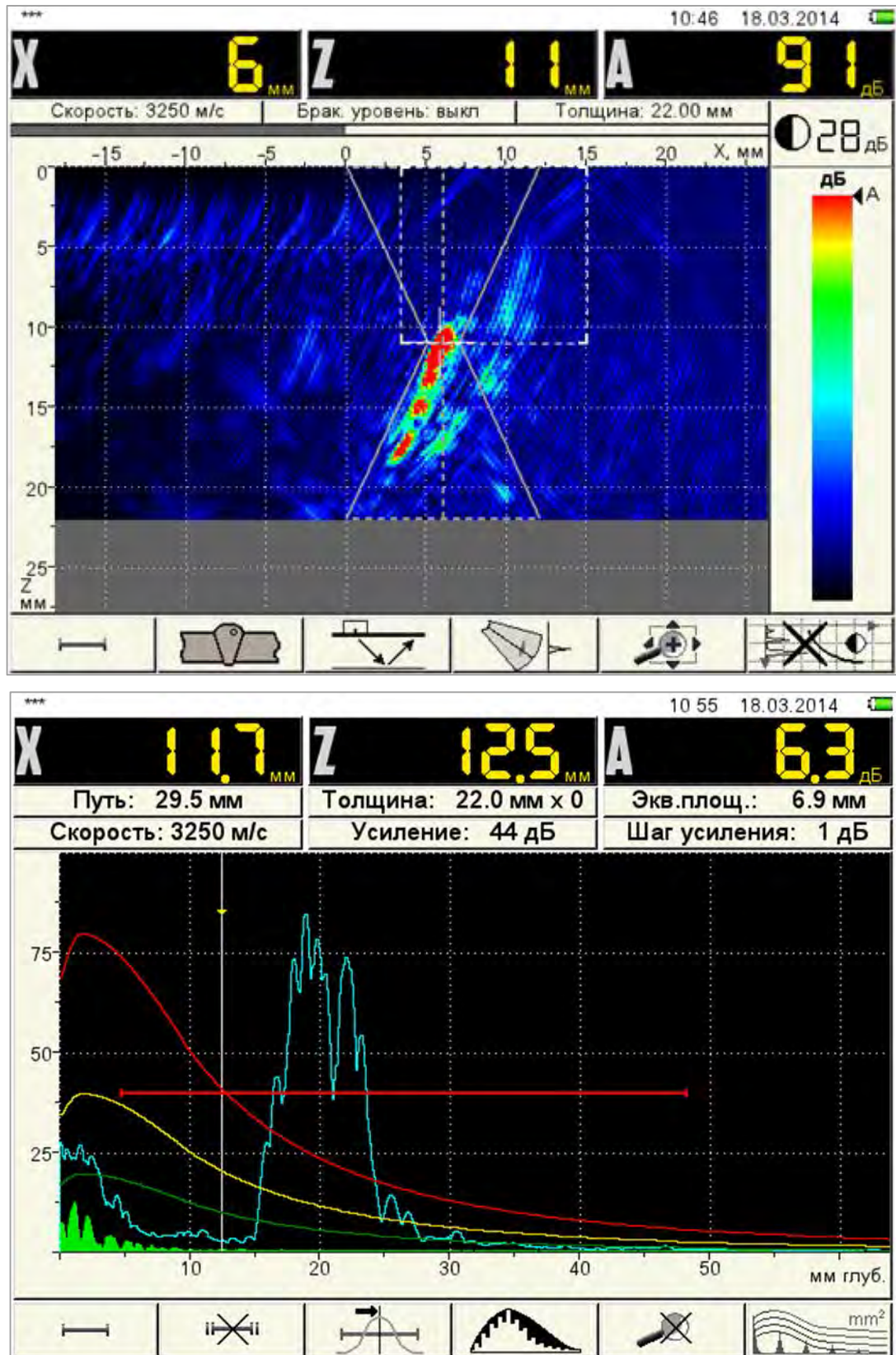


Фото 1. Показания на экране УЗД дефекта.

После разделки сварного шва с помощью ЭШМ и применении метода ПВК (цветной дефектоскопии) визуализирован дефект (фото 2.)



Фото 2. Визуализация дефекта сварного шва с помощью ЭШМ и применении метода ПВК

Для диагностики технических устройств могут применяться множество методов неразрушающего контроля (вихретоковый, оптический, магнитный, радиоволновой, радиационный, акусти-

ческий, тепловой). Но наиболее универсальными являются акустический метод.

Он позволяет обнаружить на более ранних стадиях развитие таких видов дефектов, возникающих в процессе эксплуатации опасных объектов, как: коррозия металла, эрозионный износ стенок, трещины в сварных швах и основном металле. Соответственно акустический вид неразрушающего контроля предотвращают – внезапные отказы в работе технических устройств, повышают их надежность, эффективность и безопасность при эксплуатации.

И так, мы можем сказать, что применение технической диагностики позволяет обнаружить дефекты различного происхождения, определять их характер и размеры, а, следовательно, появляется возможность классифицировать их по степени опасности и устанавливать очередность ремонта. При этом значительно сокращаются общие объемы работ, так как ремонт оборудования производится выборочно, в области обнаружения дефектов.



ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТА ПО ТИПУ «ПОРА» ПРИ НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ

УДК 620.179.1

Куценко М.М.	Эксперт Средне-Поволжского филиала ООО «Промтехэкспертиза»
Чуфаров М.В.	Инженер-дефектоскопист ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Зорин П.Н.	Эксперт ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Бикинеев Д.В.	Эксперт ООО «ПТЭ ПОВОЛЖЬЕ»
Лашаев М.А.	Инженер ООО «Профиль»

10.12.2015

Порами называют заполненные газом полости в швах, имеющие округлую, вытянутую или более сложную форму. Они возникают при первичной кристаллизации металла сварочной ванны в результате выделения газов. Поры располагаются по оси шва или по его сечению, а также вблизи от границы сплавления. При дуговой сварке поры выходят или не выходят на поверхность шва, располагаются цепочкой по оси шва или отдельными группами. Поры, выходящие на поверхность шва, иногда называют свищами. При электрошлаковой сварке и дуговой сварке с принудительным формованием поры не выходят на поверхность шва, что обусловлено более ранним затвердеванием примыкающей к формирующим устройствам части металла сварочной ванны. Поры могут быть микроскопическими (несколько микрометров) и крупными (4-6 мм в поперечнике).

Выходящие на поверхность поры выявляются при внешнем осмотре. Поры, не выходящие на поверхность, выявляются теми же методами, что и не выходящие на поверхность трещины. Поры – недопустимый дефект сварных

швов для аппаратуры, работающей под давлением и под вакуумом или предназначенной для хранения и транспортировки жидких и газообразных продуктов. Для других конструкций поры не являются столь серьезным дефектом, как трещины. Однако наличие пор при всех условиях нежелательно. Вопрос о допустимости пор решается в зависимости от условий эксплуатации конструкции [1].

Причины появления пористости:

- 1) наличие газов в металле, которые не успевают полностью выделиться в процессе кристаллизации металла;
- 2) взаимодействие закиси железа с углеродом, в результате чего выделяется окись углерода и углекислый газ;
- 3) недостаточная чистота защитных газов и присутствие в них вредных примесей;
- 4) наличие влаги в покрытии или во флюсе (при автоматической сварке), применение влажных, не прокалённых электродов;
- 5) наличие ржавчины, окалина, масляной плёнки и других загрязнений на сварных кромках, на

- сварочной проволоке или присадочных материалах;
- 6) очень большая скорость сварки, из-за чего газовая защита зоны сварки может стать менее эффективной;
 - 7) при повышенном содержании углерода в составе свариваемого материала и при неверно подобранной марке сварочной проволоки.

Рассмотрим случай выявления пор в сварном соединении во вновь смонтированном трубопроводе.

На одном из предприятий химической промышленности проводилось пневматическое испытание трубопровода при акустико-эмиссионном контроле в соответствии с требованиями ПБ 03-593-03 [2] и ГОСТ 32569-2013 [3].

При акустико-эмиссионном контроле был выявлен активный источник акустической эмиссии (АЭ), локализованный в сварном шве сегментного отвода (рис. 1, рис. 2).

Табл. 1. Основные технические параметры трубопровода.

Параметр	Значение
рабочее давление	0,07 МПа (0,7 кгс/см ²)
пробное давление	0,2 МПа (2,0 кгс/см ²)
рабочая температура	«плюс» 250°С
рабочая среда	газ углеводородный

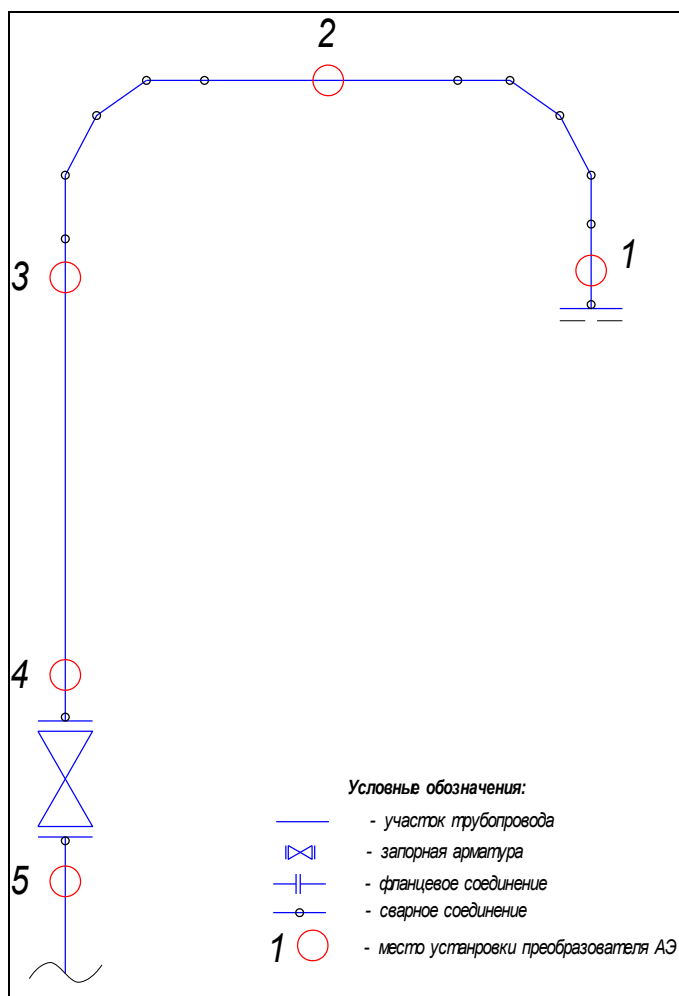


Рис. 1. Эскиз объекта контроля (частично) и схема установки АЭ датчиков.

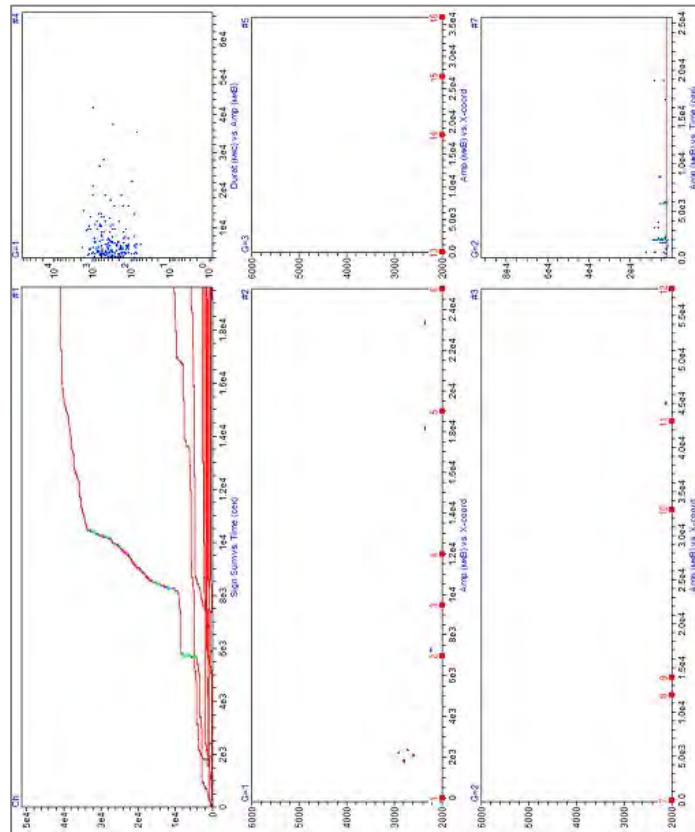


Рис. 2. Результаты регистрации АЭ.

Для определения характера дефекта был проведён ультразвуковой контроль (УК) в соответствии с требованиями РДИ 38.18.016-94 [4] дефектоскопом А-15-50 в месте локализации источника АЭ. В результате был выявлен несквозной, недопустимый дефект, залегающий на глубине 8,0мм (фото 1).

Табл. 1. Параметры ультразвукового контроля.

Толщина стенки, мм	Угол ввода, град	Рабочая частота фраз, МГц	Объем контроля, % длины шва	Предельная чувствительность, мм ²
10,0	70	5,0	100	1,6

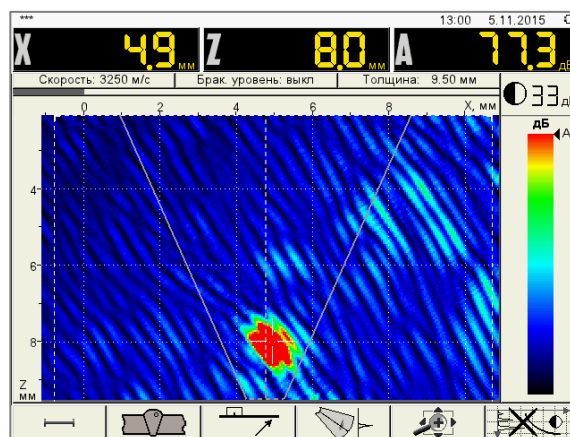


Фото 1. Дефект сварного шва, выявленный при УК.

Для устранения дефекта сварного соединения произвели выборку шва (фото 2).



Фото 2. Место выборки.

При раскрытии сварного шва был визуализирован дефект (фото 3).

Поры уменьшают рабочее сечение сварного шва, что может привести к снижению работоспособности сварного соединения. Являясь концент-раторами

напряжений, поры могут вызвать появление трещин, уменьшить коррозионную стойкость сварного соединения, привести к коррозионному растрескиванию. В связи с этим выявление пор и других недопустимых дефектов после проведения ремонтных работ имеет важнейшее значение для обеспечения необходимых прочностных характеристик и дальнейшей безопасной эксплуатации оборудования.



Фото 3. Пора в сварном шве.

Литература

1. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением: Под ред. акад. Б.Е. Патона – М.: Машиностроение, 1974.
2. ПБ 03-593-03 «Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов».
3. ГОСТ 32569-2013 «Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах».
4. РДИ 38.18.016-94 «Инструкция по ультразвуковому контролю сварных соединений технологического оборудования».



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОВАЛЬНОСТИ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА

УДК 67

Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Жиленко А.А.	Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

14.12.2015

Аннотация. В статье рассмотрены причины появления овальности трубопровода.

Ключевые слова: плоский изгиб, остаточная деформация, ползучесть.

Математическое представление овальности поперечного сечения.

Для выявления механизмов возникновения повреждений используют все сведения, полученные непрерывной, периодической диагностикой и экспертизой технического состояния оборудования. В зависимости от объема и характера, имеющихся исходных данных, для прогнозирования остаточного ресурса применяют статистические либо экстраполяционные методы. Вид математической модели для прогнозирования выбирают, исходя из вида преобладающего механизма разрушения, уровня и характера нагрузок.

Напряженно-деформированное состояние криволинейной трубы при упругом нагружении.

Криволинейные трубы являются неотъемлемым элементом трубопроводов. Они служат как для осуществления рациональной компоновки трубопровода, так и для обеспечения необходимой податливости его в отношении восприятия (компенсации) температурных расширений. Отсюда

следует, что построение методик расчета трубопроводов должно опираться на решение задач о напряженно-деформированном состоянии криволинейных труб.

Ильин В.П. [1-1] дал теоретическое решение задачи о плоском изгибе криволинейной трубы (т. е. изгибе в плоскости центральной оси трубы) и показал, что причиной ее повышенной податливости является деформирование (сплющивание) поперечного сечения при нагружении. Экспериментальные и теоретические исследования изгибов криволинейных труб в плоскости, перпендикулярной плоскости оси трубы (этот вид изгиба для краткости будем называть ортогональным изгибом), и показали, что сплющивание поперечного сечения возникает также и при ортогональном изгибе. Рассматривая как плоский, так и ортогональный изгиб криволинейной трубы, полученные расчетные формулы применимы к более широкому диапазону изменения геометрических характеристик трубы, чем формулы предшествующих исследований.



Экспериментальная проверка результатов теоретических решений, экспериментальные исследования изгиба криволинейных труб с очень тонкой стенкой и малым отношением радиуса оси трубы R к радиусу поперечного сечения ε , рассмотрено влияние стесненности деформации концов трубы, изгиб криволинейных труб с малым отношением R/r .

Исследовались [1-2] поперечные равномерно распределенные по толщине стенки напряжения, возникающие в криволинейной трубе при плоском изгибе.

Рассматривая отрезок трубы как часть замкнутой торообразной оболочки, приведено решение задачи о плоском изгибе этого отрезка к системе двух дифференциальных уравнений, аналогичных уравнениям для осесимметричного изгиба оболочек. Влияние внутреннего давления на изгиб трубы не учитывалось. Дальнейший шаг в теории изгиба криволинейных труб кругового сечения, где учитывалось воздействие давления. Решения получены на основе теоремы о минимуме потенциальной энергии деформации.

Теория изгиба криволинейных труб учитывает начальное отклонение поперечного сечения трубы от правильной круговой формы. Плоский изгиб трубы слегка эллиптического сечения и существенное влияние такого отклонения формы сечения на напряженно-деформированное состояние при действии давления. Плоские [1-3] и пространственные [1-4] изгибы трубы с учетом давления и

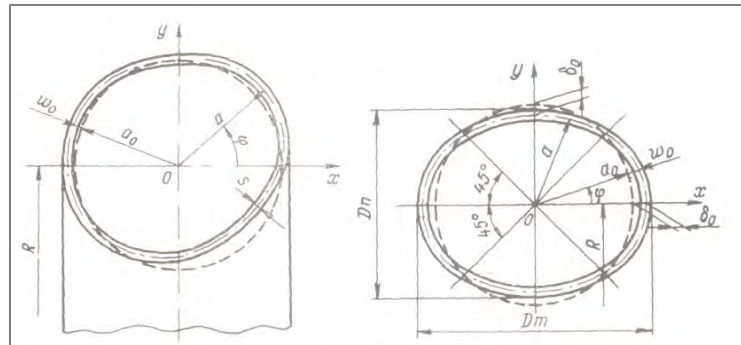
произвольного (малого) начального отступления сечения от правильной круговой формы. Рассматривается изгиб трубы строго кругового сечения с учетом действия давления. Решения получены на основе теоремы о минимуме полной энергии системы. Учтены экспериментальные исследования изгиба криволинейных труб, обладающих начальной эллиптичностью поперечного сечения.

В работе [1-4] выведены формулы для определения поперечных равномерно распределенных по толщине стенки напряжений, вызываемых в криволинейной трубе изгибом при наличии внутреннего давления. Рассмотрен как плоский, так и пространственный изгиб трубы; учитывается начальная эллиптичность сечения.

Большое значение имеют работы, в которых исследовано влияние условий закрепления концов криволинейной трубы. Условия сопряжения криволинейной трубы с прямолинейными трубами подробно изучены [1-4,1-5].

Математическое представление формы поперечного сечения трубы.

При гнущей трубе возникают силы, стремящиеся сплющить ее сечение в плоскости гнутья. Под действием этих сил сечение трубы приобретает остаточную эллипсообразную форму — возникает начальная эллиптичность (овальность) сечения. Во многих случаях, однако, форма поперечного сечения трубы заметно отличается от эллиптической.



В полярных координатах контур сечения трубы (линия, проходящая по середине толщины стенки) выражается зависимостью $a = a(\varphi)$ при $0 < \varphi < 2\pi$ (формула 2-1). При любой форме поперечного сечения функция $a(\varphi)$ может быть разложена в ряд Фурье: (2-1)

$$a(\varphi) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a'_n \cos n\varphi + b'_n \sin n\varphi),$$

где

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} a d\varphi; \quad a'_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} a \cos n\varphi d\varphi; \quad b'_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} a \sin n\varphi d\varphi.$$

Выражение

$$\omega_0(\varphi) = \sum_{n=1}^{\infty} (a'_n \cos n\varphi + b'_n \sin n\varphi) \quad (2-2)$$

определяет начальные радиальные отклонения контура сечения относительно окружности радиуса a_0 , проведенной из полюса O .

Предположим, что форма контура сечения устанавливается замером радиальных отклонений его от поверхности кругового кольца, устанавливаемого с некоторым зазором. Допустим, значения угла φ_v ($v = 1, 2, \dots$), при которых замеряются указанные радиальные отклонения Δ_v , получены делением контура сечения на некоторое на некоторое число m равных частей,

так что $\varphi_v = (v-1)2\pi/m$. Если c - радиус поверхности кольца, от которой отсчитываются отклонения, то частные значения a_v функции $a(\varphi)$ равны: $a_v = c - \Delta_v$. Используя эти выражения, произведем приблизительное вычисление определенных интегралов (2-1) по способу прямоугольников.

Тогда получим:

$$a_0 = \tilde{N} - \frac{1}{m} \sum_{v=1}^m \Delta_v; \quad (2-3)$$

Заметим, что величина a_0 мало отличается от номинального среднего радиуса поперечного сечения r , а потому в практике можно принимать $a_0 = r$.

Определим величину начальной эллиптичности поперечного сечения отношением разности осей сечения к их полусумме, выраженным в процентах. Выбрав для этой величины обозначение a_0 имеем,

$$a_0 = \frac{D_m - D_n}{D_m + D_n} 200, \% \quad (2-4)$$

Многие трубопроводы энергетических установок эксплуатируются при рабочих температурах, вызывающих развитие деформации - процесс постепенного нарастания остаточных деформаций в теле под действием приложенной нагрузки. Чем выше напряжения и температура, тем интенсивнее протекает этот процесс.



Литература

1. Ильин В.П. «О пространственном изгибе кривой трубы конечной длины» «ЛИСИ» 1969г.
2. Даниловская В.В. «О напряжениях и предельном состоянии в кривых трубах при чистом изгибе» «Труды ЛКИ» 1959 г.
3. Костовецкий Д.Л. «Об изгибе кривой тонкостенной, сечение которой имеет форму, близкую к круговой. «Известия АН. Механика и машиностроение» 1959г.
4. Костовецкий Д.Л. «Пространственный изгиб кривой тонкостенной трубы с учетом внутреннего давления» «Известия вузов. Машиностроение» 190 №10.
5. Ильин В.П. «Напряженное состояние и жесткость изгибаемой кривой трубы» «ЛИСИ» 1969г.



БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО ПОД ДАВЛЕНИЕМ ВЫШЕ АТМОСФЕРНОГО

УДК 66.083

Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Корешков В.А.	Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

14.12.2015

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы безопасности, связанные с надзором и эксплуатацией оборудования, работающего под давлением, из различных материалов.

Ключевые слова: сосуды под давлением.

Практически во всех отраслях промышленности и в быту широко распространены различные системы, работающие с большими перепадами давления относительно атмосферного, – трубопроводы, баллоны, емкости для хранения или перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов, паровые и водяные котлы, газгольдеры, вакуумные установки и др. Это оборудование принято называть сосудами, работающими под давлением.

Основное требование к таким сосудам – соблюдение их герметичности на протяжении всего периода эксплуатации. Потеря герметичности сосудов, работающих под давлением, достаточно часто сопровождается возникновением двух основных групп опасностей:

1. Взрыв сосуда или установки, работающих под давлением, в результате физических или химических превращений веществ. Образующаяся при взрыве ударная волна способна создать угрозу жизни и здоровью людей,

привести к разрушению окружающих конструкций и оборудования.

2. Опасные воздействия веществ, находящихся в оборудовании, работающем под давлением. Высокая или низкая температуры, химическая, биологическая или радиационная активность веществ при разгерметизации оборудования, работающем под давлением, могут вызывать термические и химические ожоги, облучения и отравления различной степени.

Безопасность работы сосудов под давлением достигается правильным их расчетом на статические и динамические нагрузки, применением для их изготовления качественных материалов, конструктивным оформлением сосудов, созданием нормальных условий эксплуатации. На этапе проектирования результаты испытаний применяемых материалов на ползучесть, длительную прочность, сопротивление усталости, релаксацию напряжений используются для выбора допускаемых напряжений и установления ресурса работы элементов



сосудов, работающих под давлением, изготавливаемых из различных сталей.

Углеродистая, низколегированная и легированная сталь в виде листов толщиной от 4 до 160 мм, пригодная для сварки и предназначенная для изготовления деталей котлов и сосудов, работающих под давлением при комнатной, повышенной и пониженной температурах, поставляется по ГОСТ 5520—79 «Прокат листовой из углеродистой, низколегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением».

Например, сталь 03X20H16AG6 применяют для изготовления криогенных сосудов, работающих под давлением, оболочек теплообменных аппаратов, трубопроводов, арматуры. Минимальная температура эксплуатации и максимальное давление не ограничены. Сталь удовлетворительно обрабатывается давлением и резанием, хорошо сваривается с применением всех видов сварки.

Для изготовления деталей сосудов, работающих под давлением до 1,6 МПа при температуре стенки от 10°C до 200°C, применяются листы из стали ВСт2кп2 и ВСт3кп2. Ограничение на применение кипящей стали обусловлено тем, что в процессе сварки, штамповки или вальцовки нередко наблюдается расслоение основного металла.

Для большинства емкостей под давлением, работающих при повышенных температурах, используется углеродистая сталь различных марок, в случае низких температур - сталь наряду с медью, бронзой и алюминием. При использовании углеродистой стали для работы со сжиженными газами существенное значение имеет температура фазового перехода – температура, выше которой сталь ведет себя как преимущественно пластичный материал, ниже - как преимущественно хрупкий материал. Точно определить ее

трудно – различные методы дают разные результаты. Стали, пластичные при нормальных условиях, при низких температурах оказываются иногда хрупкими и их разрушение происходит неожиданно, резко. Для изготовления емкостей-сосудов, работающих под давлением, широко используются легированные или нержавеющие стали, т.к. они способны лучше противостоять коррозионным процессам, чем углеродистые стали. Применяется также алюминий, который не разрушается по «хрупкому механизму». Следует, однако, иметь в виду, что алюминий несовместим с ртутью: контакт даже с малыми ее количествами, применяемыми в приборах, может совершенно разрушить алюминиевую емкость.

Эксплуатационной причиной разгерметизации установок и аппаратов (сосудов), работающих под давлением, являются побочные процессы, приводящие к постепенному изменению и разрушению материалов, из которых эти установки изготовлены. Примерами таких процессов могут служить коррозия, образование накипи на стенках, снижение прочностных свойств материалов установок и др. Для того чтобы исключить их влияние, необходимо своевременно выявлять дефекты, качественно проводить профилактические и ремонтные работы.

Однако имеется множество внешних причин для возникновения эксплуатационных неполадок.

Попадание посторонних веществ в систему, содержащую метилизоцианат, для которой и вода, и воздух одинаково вредны, стало виновником катастрофы 3 декабря 1984 г. в Бхопале (Индия), где пострадало более 2000 человек. Серьезная авария, произошедшая 24 декабря 1939 г. в Зарнешти (Венгрия), была вызвана попаданием водорода в емкость с хлором. Воздух может образовать взрывчатую смесь с



содержимым емкости. Возможны и другие процессы.

Широко распространенное явление – коррозия. Она может быть как внутренней, так и внешней. Доступ воздуха или воды, либо наличие примесей в содержащейся жидкости может усилить коррозию.

Нередки случаи, когда при возникновении или развитии аварии пламя ударяет в стенку емкости, в которой находятся газ или жидкость под давлением. При этом температура стенки вполне может достигать 700...800°C, меняются пластические свойства стали и возможен «лепестковый» разрыв емкости за счет взрыва расширяющихся паров вскипающей жидкости. Учет опасности разрушения вследствие удара пламени относится к этапу проектирования вспомогательного оборудования для емкостей под давлением (систем пожаротушения, дренажных систем).

Термическое расширение жидкости или газа может привести к появлению высоких давлений, и как следствие, к разрыву емкости с неисправной системой предохранения или не оборудованной ею.

Для контроля неисправностей и соответствия сосудов характеристикам, предусмотренных технической документацией, обычно используют такие методы контроля, как:

- внешний осмотр с измерениями (ВИК),
- ультразвуковая дефектоскопия;
- просвечивание рентгеновскими и гамма-лучами (рентгеноскопия);
- механические испытания;
- гидравлические испытания
- металлографические исследования и т.п.

Основной причиной разрушения емкостей являются дефекты сварки. В случаях сварки сосудов из аустенитных сталей обязателен контроль на коррозионную устойчивость и

сопротивляемость межкристаллитной коррозии, а при сварке сосудов из низколегированных закаливающих хромомолибденовых сталей – контроль твердости, цветная дефектоскопия и др. Если соответствие использованных материалов вызывает сомнение или после термической обработки твердость сварного соединения не соответствует установленным требованиям основной и наплавленный металл необходимо стилиоскопировать на наличие основных легирующих элементов, определяющих марку стали,

Как известно, при контроле герметичности сосуда по его сторонам – наружной и внутренней, создается разность давлений. Способ, при котором для создания разности давлений из объекта контроля откачивают, называют вакуумным, а способ, предусматривающий создание внутреннего избыточного давления, называют опрессовкой. В случае «опрессовки газом», чтобы избежать разрыва сосуда, внутреннее давление необходимо принимать значительно ниже расчетного. Гидроопрессовка проводится с давлением на 25...50 % выше номинального рабочего. Надо иметь в виду, что при наличии воздушных скоплений («подушек», «пробок») во время опрессовки, как и в случае «опрессовки газом», возможно разрушение сосуда с образованием и разлетом осколков. Из невентилируемых полостей «подушки» и «пробки» необходимо откачать, а из вентилируемых – выпустить через установленный в верхней части полости вентиль (воздушник).

При контроле отдельных участков на наличие трещин достаточно использовать контрастную и люминесцентную дефектоскопию, в основу которых заложена способность специального индикаторного вещества – пенетранта, нанесенного на поверхности контролируемых изделий, проникать в



дефекты материала под действием сил капиллярности.

По результатам контроля можно выявить дефекты, наметить объемы, определить специфику профилактических, наладочных или ремонтно-восстановительных работ, привлечь для их выполнения квалифицированный персонал, но, при надлежащем подходе к организации эксплуатации сосудов, их

контрольного и предохранительного оборудования, можно обеспечить длительное и безопасное функционирование устройств с применением сосудов, работающих под давлением, различной сложности и назначения, избежав при этом многих неудобств, связанных с повышенной аварийностью и непредвиденными расходами на ремонт и наладку.

Литература

1. Федеральный закон N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 (ред. от 13.07.2015).
2. ГОСТ 5520—79 «Прокат листовой из углеродистой, низколегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением».
3. Технический регламент Таможенного Союза «О безопасности оборудования, работающего под давлением» ТР ТС 032/2013. Принят Советом ЕЭК 02.07.2013г.
4. ПБ 03-576-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 11.06.2003 № 91. Зарегистрировано Минюстом России 19.06.2003, рег. № 4776.
5. Сайт <https://ru.wikipedia.org> [ключевое слово /Бхопальская катастрофа/]



МЕТОДЫ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕГИСТРАТОРОВ, ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ И УКАЗАТЕЛЕЙ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

УДК 67

Корнев Г.Ю.	Главный инженер ЗАО «Кубаньагрооргтехстрой»
Польгалов А.Н.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Малкин А.В.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Курченко В.Э.	Эксперт ООО «Учебно-технический центр»
Горбунов Д.В.	Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

14.12.2015

Ключевые слова: приборы регистратор, ограничитель, указатели, концевые выключатели, электрооборудование.

В данной статье рассматриваются различные методы проверки регистраторов, ограничителей и указателей подъемных сооружений.

При возникновении необходимости оценки состояния регистраторов, ограничителей и указателей перед экспертами встает ряд вопросов, связанных разнообразием марок и моделей, разнообразие электрических схем подключения к бортовой сети. В огромном количестве случаев наблюдается полное непонимание прямой зависимости исправности регистраторов с безопасной работой подъемных сооружений, с увеличением срока службы устройств, агрегатов и механизмов подъемных сооружений и так далее.

Далее возникает вопрос о целесообразности продолжения проверки регистраторов при обнаружении первой же неисправности. Представляя комплект оборудования, электрическую схему управления, приспособления и прочее, входящее в понятие регистраторов, ограничителей единой целью, удерживающей подъемные сооружения в безопасном положении, приходим к

выводу, что обрывы одного звена делает бесполезным всю цепь.

Приступая к проверке регистраторов, ограничителей и указателей предлагаем придерживаться такого порядка, при котором, на наш взгляд, есть возможность сразу выявить ряд элементов защиты подъемных сооружений.

Если при визуальном осмотре не выявлено явных признаков неприменимого состояния регистраторов, ограничителей и указателей, предлагаем провести две проверки:

1. На находящемся в рабочем состоянии подъемном сооружении провести проверку ограничителя подъема крюковой подвески, работу электрической схемы блокировки ограничителя подъема крюковой подвески и работу электрической схемы, позволяющей произвести опускание крюковой подвески после срабатывания ограничителя подъема крюковой подвески.

Эта проверка позволяет выявить ряд элементов защиты подъемного сооружения:



- во-первых исправность работы цепей управления ограничителя грузоподъемности;

- во-вторых отсутствие постоянно включенной блокировки этих цепей;

- в-третьих исправную работу датчиков положения рычагов управления (в более узком смысле – исправность электрической схемы, обеспечивающей возможность исполнения рабочей операции, обратной только что ограниченной устройством ограничения).

2. При наличии запрета работы в зоне над кабиной крановщика изменить длину стрелы, что должно привести к останову рабочей операции «Выдвижения стрелы». Операции «Втягивание стрелы» при этом должна выполняться без дополнительных манипуляций.

Этой операцией выполняется проверка правильности настройки датчика азимута.

Наблюдая за работой машиниста крана стоит попросить его продемонстрировать соответствие текущей программы действительному положению вещей, то есть кратность запасовки грузового каната, оборудование стрелы, состояние опорного контура, соответствие марки подъемного сооружения и так далее. При этом можно попробовать убедиться в том, что программа действительно ограничивает грузоподъемность при включении операции «Выдвижение стрелы», а так же включении режима «Ускоренная работа грузовой лебедки».

Очень важным считаем проверку настройки датчика длины стрелы, являющимся одним из элементов для вычисления величины вылета – важнейшего элемента защитной характеристики ограничителя грузоподъемности. То есть начальная и конечная длины стрелы должны быть проверены и соответствовать паспортным данным.

Приступая к проверке работы ограничителя грузоподъемности нужно иметь в своём распоряжении практически любой контрольный груз с подтвержденным весом (соответствующий любому вылету данного подъемного сооружения), так как длиной стрелы и углом наклона можно найти на грузовой характеристике точку, в которой данный контрольный груз позволит создать нужную нагрузку для срабатывания защиты от перегрузки подъемного сооружения. Подтвердив инструментально соответствие точки срабатывания защиты грузовой характеристики можно сделать вывод о работе регистраторов, ограничителей и указателей.

Плюсы оснащения подъемных сооружений регистраторами, ограничителями очень сильно колеблются теми недоработками, которые обнаруживаются при их эксплуатации. Здесь так же можно отличить целый ряд причин выхода из строя средств защиты.

Причина первая.

Плохая герметизация соединений и блоков контактов приборов, разъёмы, корпуса, сальники, защита кабельных трасс, красочное покрытие очень быстро прекращают исполнять свои функции – разъёмы окисляются, буквально сгнивают, сальники не закрепляются механически кабели и провода, а так же не препятствуют связи полостей с внешней средой. Полное отсутствие новых материалов, позволяющих защитить кабели от внешних воздействий.

Причина вторая.

Передача сигналов электрического питания через кабельные барабаны очень ненадежна из-за древней конструкции и самого барабана, а главное кабеля, используемого нашими изготовителями регистраторов, ограничителей.

Причина третья:



На наш взгляд, кабельная трасса, соединяющая источник питания и крановую установку, проложена без учета многократного разъединения для замены резино-технических изделий в гидравлической системе, при ремонте металлоконструкций подъемных сооружений, замене (ремонте) опорно-поворотного устройства, то есть при демонтаже электрического оборудования.

Вывод: Объединяя все эти причины: предлагаем при разработке

новых моделей регистраторов, ограничителей использовать дублирующие системы позволяющие продолжать работу датчиков при повреждении одной из цепи питания. Также при разработке новых моделей учитывать различные режимы работы подъемных сооружений. Установка датчиков должна обеспечивать их работоспособность и устанавливаться в труднодоступных, защищенных местах подъемного сооружения.

Литература

1. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, утвержденные приказом Ростехнадзора от 12.11.2013 г. № 533.
2. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности, утвержденные Приказом Ростехнадзора № 538 от 14.11.2013 г. и изменения в Правила проведения экспертизы промышленной безопасности, утвержденные Приказом Ростехнадзора № 266 от 03.07.2015г.



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ МЕТАЛЛА ТРУБОПРОВОДОВ

УДК 67

Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Корешков В.А.	Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

14.12.2015

Аннотация. Прогнозирование технического состояния энергетического оборудования.

Ключевые слова: срок службы, энергооборудование, ползучесть, релаксация.

Прогнозирование ползучести металла трубопроводов.

Для выявления механизмов возникновения повреждений используют все сведения, полученные непрерывной, периодической диагностикой и экспертизой технического состояния оборудования. В зависимости от объема и характера, имеющихся исходных данных, для прогнозирования остаточного ресурса применяют статистические либо экстраполяционные методы. Вид математической модели для прогнозирования выбирают, исходя из вида преобладающего механизма разрушения, уровня и характера нагрузок.

Ползучесть трубопроводов.

Многие трубопроводы энергетических установок эксплуатируются при рабочих температурах, вызывающих развитие ползучести.

Под ползучестью понимаем процесс постепенного нарастания остаточных деформаций в теле под действием приложенной нагрузки. Чем выше напряжения и температура, тем интенсивнее протекает этот процесс.

Важным следствием ползучести является изменение во времени

распределения напряжений в детали. В том случае, когда полная деформация нагруженной детали не изменяется во времени (например, нагрев заземленного по концам стержня), напряжения уменьшаются, релаксируют. Задачи ползучести, в которых полные деформации не могут изменяться во времени, называют релаксационными.

Ползучесть при одноосном растяжении.

Расчеты конструкций с учетом ползучести базируются на результатах экспериментального исследования ползучести образцов при одноосном растяжении. Эти результаты представляют обычно графически – в виде кривых ползучести и кривых релаксации.

Кривая ползучести выражает зависимость остаточной деформации ползучести ε_c образца от времени при некотором постоянном напряжении σ и определенной температуре θ . По оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат – деформация ε_c (рис. 1а). Часто кривые ползучести представляют в координатах ε , t , откладывая по оси ординат полную деформацию, включающую начальную деформацию в

момент нагружения образца, т. е. при $t=0$ (рис. 1б).

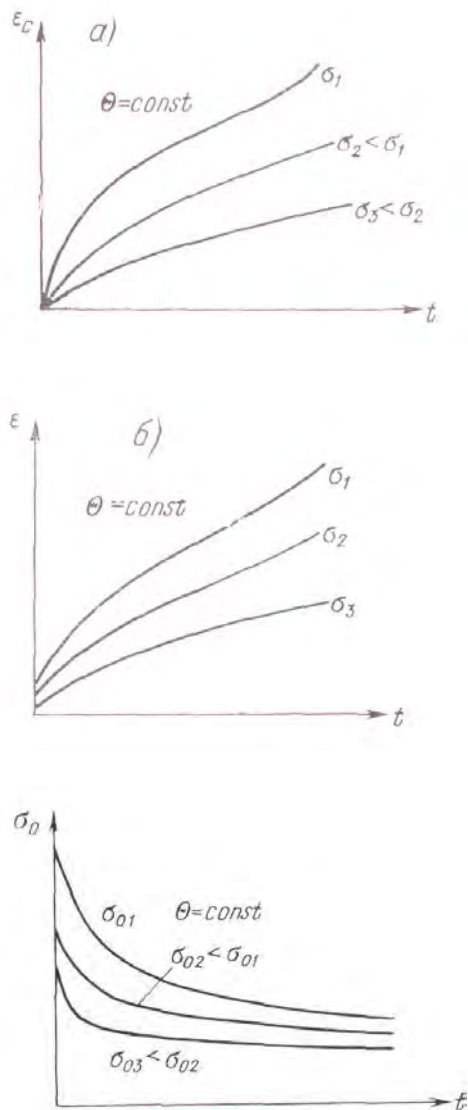


Рис. 1 а-б – кривые ползучести; в – кривые деформации.

Первый участок кривой ползучести, характеризуемый убыванием скорости нарастания деформации ϵ_c , выражает первую (или переходную) стадию ползучести. Далее следует прямолинейный участок – вторая стадия ползучести, которой соответствует минимальная скорость ползучести. Кривая ползучести заканчивается участком убыстрения скорости ползучести; на этом

участке (третья стадия ползучести) образуется шейка или возникают трещины в образце.

Кривая релаксации выражает изменение во времени напряжения в образце, полная деформация (упругая плюс остаточная) которого остается неизменной (рис. 1в).

Поскольку полная деформация образца, испытываемого на релаксацию, не изменяется, напряжение в нем подчиняется уравнению

$$\sigma_0 - \sigma = E\epsilon_c \quad (1)$$

где E – модуль упругости для данной температуры.

Зависимость скорости деформации ползучести от напряжения во второй стадии обычно выражают степенной функцией: $\epsilon_c = B_1 \sigma^m$, где B_1 – коэффициент ползучести; m – показатель ползучести. Точкой обозначена производная по времени t . Параметры B_1 и m легко определяются по кривым ползучести.

Приведенная степенная зависимость была распространена [1-1] на первую стадию ползучести, при этом коэффициент B_1 принимался, зависящим от времени. Таким образом, скорость деформации ползучести, напряжение и время связаны зависимостью:

$$\epsilon_c = B_1(t) \sigma^m. \quad (2)$$

Интегрируя это выражение при условиях $\sigma = const$ и $\epsilon_c = 0$, при $t = 0$ и вводя обозначение $d\Omega_x = B_2(t) dt$, получим следующее уравнение семейства кривых ползучести:

$$\epsilon_c = \Omega_1(t) \sigma^m. \quad (3)$$

Из выражения (3) следует, что для определенной температуры семейство кривых ползучести обладает свойством геометрического подобия: отношение ординат двух любых кривых ползучести равно отношению соответствующих напряжений в степени m на всем интервале времени. Видно также, что график функции $\Omega_1(t)$ получается делением

ординат любой из кривых ползучести на соответствующее значение σ^m . Как правило, зависимость (3) подтверждается экспериментальными данными. В некоторых случаях, однако, при построении графика $\Omega_1(t)$ по кривым ползучести для разных значений σ обнаруживается значительный разброс значений $\Omega_1(t)$. Это свидетельствует о том, что для данного материала при данном уровне температуры зависимость (3) оказывается несправедливой. В этом случае расчет ползучести следует основывать непосредственно на первичных экспериментальных кривых ползучести.

Основные соотношения ползучести (2) и (3) получены при условии, что напряжение в процессе ползучести (во времени) не изменяется. Для возможности теоретического анализа в случае переменного напряжения предложены различные теории ползучести. Наиболее практически удобными и достаточно обоснованными являются теория течения и теория старения.

Согласно теории течения при фиксированной температуре существует функциональная зависимость между скоростью деформации ползучести, напряжением и временем, т. е. $\varepsilon_c = f_1(\sigma, t)$. По теории старения устанавливается связь между деформацией ползучести, напряжением и временем, т. е. $\varepsilon_c = f_2(\sigma, t)$. Соотношение (2), распространенное на случай переменного напряжения, есть математическая формулировка теории течения при одноосном напряженном состоянии и степенном законе ползучести. Если же на этот случай распространить соотношение (3), то получим математическое выражение одномерной теории старения при степенном законе.

Дифференцируя по t уравнение релаксации (1), получим диффе-

ренциальное уравнение релаксации по теории течения:

$$\dot{\sigma} = -E \Omega_1(t) \sigma^m. (4)$$

Подставим в уравнение (1) значение ε_c согласно (3). Тогда получим уравнение семейства кривых релаксации по теории старения:

$$\sigma_0 - \sigma = E \Omega_1(t) \sigma^m. (5)$$

Экспериментальные данные [1-8] показывают, что кривые релаксации можно считать приближенно подобными (коэффициент подобия – отношение начальных напряжений).

Практическое применение наблюдений за ползучестью металла

Как уже отмечалось выше, в состоянии ползучести возможно значительное изменение напряженного состояния во времени. Особенно сильно изменяются напряжения, вызываемые самокомпенсацией температурных расширений: они уменьшаются от больших значений в начале периода эксплуатации до очень малых – в конце его. Напряжения от внутреннего давления и весовой нагрузки изменяются в меньшей мере; это обусловлено постоянством этих нагрузок и высокой степенью «статической определенности» напряжений.

Изменение напряжений в трубопроводе во времени можно учесть при оценке прочности введением в расчет «усредненных» напряжений; принимается, что они составляют некоторую долю начальных напряжений, определяемых обычным расчетом трубопровода, и действуют без изменения в течение всего срока эксплуатации трубопровода. Однако определение соотношения между усредненными и начальными напряжениями должно основываться на анализе кинетики напряженного состояния трубопровода в состоянии ползучести.



Значительный интерес вызывает исследование ползучести трубопроводов при самокомпенсации температурных расширений. Задачу о ползучести трубопровода, нагруженного в результате самокомпенсации, следует отнести к классу задач релаксационного типа: состояние нагружения обусловлено деформированием трубопровода на постоянную величину; напряжения непрерывно уменьшаются при нарастании деформации ползучести и соответствующем уменьшении упругой деформации. Процесс характеризуется значительной нестабильностью напряженного состояния, что должно учитываться соответствующим образом при оценке прочности.

Возникают вопросы относительно применения монтажной растяжки в трубопроводах: какова ее эффективность, в каких случаях использование ее является необходимым и т. д. Монтажная растяжка применяется, как известно, для уменьшения напряжений и усилий в тру-

бопроводе в рабочем состоянии. Однако выполнение ее во многих случаях сопряжено со значительными трудностями. Как правило, качество выполнения монтажной растяжки оказывается низким. Решение вопросов, относящихся к монтажной растяжке, должно основываться на анализе ползучести трубопроводов при самокомпенсации температурных расширений.

Выполнение расчетов ползучести трубопроводов встречает значительные трудности: для многих трубных сталей отсутствуют надежные исходные данные по ползучести, требуются большие затраты машинного времени и т. д. В связи с этим большое значение приобретает задача установления общих закономерностей ползучести трубопроводов. Решение ее позволяет, в частности, разработать рекомендации по приближенному учету ползучести при оценке прочности трубопровода на базе обычного упругого расчета.

Литература

1. Костовецкий Д.Л. «Прочность трубопроводных систем энергетических установок» «Энергия» 1973.
2. Качанов Л.М. «Теория ползучести» издательство «Физматгиз» 1960.



ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 69.059.2

Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Маринин В.М.	Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

16.12.2015

Выделяют три основных проблемы, связанные с экспертизой промышленной безопасности зданий и сооружений:

Во-первых, владелец объекта и организация, привлекаемая к обследованию, должны определиться, попадает ли конкретное здание (сооружение) под действие Закона № 116-ФЗ, т.е. находится ли оно на опасном производственном объекте или само является таковым, или нет. Очевидно, что в положительном случае требуется соблюсти все процедуры экспертизы промышленной безопасности, а специализированная организация должна быть экспертной.

Например, при обследовании строительных конструкций (зданий, опор ЛЭП, порталов) на одной из электроподстанций выявлено существенное количество конструкций, находящихся в ограниченно работоспособном или недопустимом состоянии. Вероятность аварий на этом объекте весьма высока, промышленная безопасность не обеспечена. Но электроподстанция не относится к опасным производственным объектам по Приложению 1 к Закону № 116-ФЗ и, следовательно, на неё не распространяются его требования:

соблюдение процедуры экспертизы промышленной безопасности не требуется, а рекомендации по восстановлению конструкций не обязательны для владельца объекта.

В случае сомнений владельцу объекта (или эксплуатирующей организации) рекомендуется совместно с привлекаемой специализированной организацией обратиться с письменным запросом за разъяснениями в территориальное управление Ростехнадзора.

Другую проблему можно обозначить как «срок службы и расчёт остаточного ресурса».

Сооружения из «римского» бетона пребывают в добротном состоянии не одно тысячелетие, а бетон в конструкциях перекрытия здания главного корпуса одной из электростанций начал превращаться в аморфную массу на 35-ом году эксплуатации. Кирпичные здания некоторых храмов на Руси стоят не одно столетие, а здание из кирпича, построенное на берегу озера Увильды, начало «трещать» после трёх лет эксплуатации; шлакоблоки в стенах отдельных домов посёлка ЧГРЭС превратились в груды песка на четвертом десятке лет. Условия эксплуатации и



причины возникновения отказов разные, но одна из проблем, стоящих перед владельцами ЗиС, общая: когда проводить первое плановое и последующие очередные техническое диагностирование или ЭПБ, чтобы не допустить развития аварийной ситуации?

Один из поводов для проведения плановой экспертизы промышленной безопасности – окончание расчетного срока службы. А каковы сроки – юридически подтвержденных норм для зданий и сооружений практически нет! В проектно-конструкторской документации требуется указывать сроки эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений, установленные на основе расчетов. С другой стороны, проектировщики не имеют в настоящее время инженерной методики прямого расчета долговечности здания или сооружения в целом. В повседневной практике проектировщики не указывают сроков эксплуатации для зданий и сооружений, а строители не дают и гарантийных сроков на возведенный объект.

В целях определения необходимости проведения технического диагностирования или экспертизы промышленной безопасности можно выполнить косвенную оценку расчетного срока эксплуатации по нормам амортизационных отчислений. Более реальные сроки могут приниматься по минимальной продолжительности эффективной эксплуатации зданий и их элементов до постановки на капремонт. Для жилых зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения такие сроки рекомендованы

ВСН 58-88(р). Для некоторых стальных и железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений сроки проведения первого и очередных обследований рекомендованы РД.22-01.97.

Еще одна проблема, связанная с экспертизой промышленной безопасности зданий и сооружений на опасных производственных объектах, – острая нехватка квалифицированных специалистов: в ВУЗах РФ не готовят специалистов-обследователей, а большинство представителей проектных или строительно-монтажных организаций, имеющих строительное образование, не знакомы с нормативно-техническими документами РТН, не владеют знаниями технологических процессов и технических условий, определяющих условия эксплуатации строительных конструкций. При этом порядок аттестации экспертов в «Системе экспертизы промышленной безопасности» не гарантирует, что специалист, ставший экспертом, владеет хорошим объемом знаний в области своей аттестации. Настоящий специалист-эксперт должен при обследовании не только знать, «куда посмотреть» и «что увидеть», но и суметь по разрозненным фактам построить виртуальную модель процесса развития повреждений, выявить истинные причины их возникновения и, главное, предложить на основании расчетов в каждом конкретном случае наиболее эффективные меры по восстановлению эксплуатационной надёжности строительной конструкции зданий и сооружений.

Литература

1. Федеральный закон N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 (ред. от 13.07.2015).
2. Федеральный закон N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 (ред. от 02.07.2013).



3. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
4. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».



МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 66.083

Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Маринин В.М.	Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

16.12.2015

Аннотация. В статье кратко рассмотрены методы диагностики зданий и сооружений.

Диагностика объектов, зданий и сооружений проводится в следующих основных случаях: обнаружение дефектов и повреждений при периодических и внеочередных осмотрах; после пожаров и стихийных бедствий; после аварий в цехе или цехах аналогичных производств; предписание органов Ростехнадзора России; изменение технологии производства или его консервации; необходимость заключения о состоянии промышленных зданий и сооружений для получения лицензии на эксплуатацию производств и объектов; истечение сроков обследования или нормативных сроков эксплуатации; изменение владельца; страхование; определение экономической целесообразности ремонта или реконструкции; увеличение нормируемых природно-климатических воздействий (сейсмические, снеговые, ветровые).

В условиях Севера особое значение имеют методы теплового контроля объектов промышленного строительства. В регионах с холодным климатом остро стоит вопрос о снижении тепловых потерь строительных конструкций. По оценкам специалистов, тепловые потери зданий и сооружений превышают 30% общих энергетических

потерь. Значительное число компаний Швеции, Италии и Канады применяют метод теплового обследования, что позволяет им ежегодно экономить на энергоресурсах до \$40 млн.

К примеру, одна из последних моделей тепловизоров «ТН-9100» японской фирмы «NEC» для контроля строительных конструкций дает возможность проводить тепловые расчеты конвективного и радиационного теплообмена. Широкий температурный диапазон прибора (от - 40 до + 2000) позволяет проводить мониторинг кирпичной кладки высокотемпературных печей, а также обнаруживать дефекты теплоизоляции промышленных помещений.

Метод акустической эмиссии – техническое средство неразрушающего тестирования и оценки материалов - применим для диагностики крупногабаритных и высоконагруженных объектов повышенной опасности, а также объектов с ограниченным доступом к поверхности контроля: сосуды давления, трубопроводы, котлы, агрегаты, резервуары и др. Акустическая эмиссия основана на обнаружении упругих волн, генерируемых внезапной деформацией напряженного материала, и позволяет определить образование свищей,



сквозных трещин, протечек в уплотнениях, заглушках, арматуре и фланцевых соединениях.

Традиционные методы неразрушающего контроля (ультразвуковой, радиационный, токовихревой) обнаруживают геометрические неоднородности путем излучения в исследуемую

структуру некоторой формы энергии. Акустическая эмиссия обнаруживает микроскопические движения. Дефект производит свой собственный сигнал, который проходит метры, а иногда и десятки метров, пока не достигнет датчиков, и может быть обнаружен дистанционно.

Литература

1. Федеральный закон N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 (ред. от 13.07.2015).
2. Федеральный закон N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 (ред. от 02.07.2013).
3. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».
4. ГОСТ 52727-2007 «Акустико-эмиссионная диагностика. Общие требования».
5. СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений».



ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

УДК 67

Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Барминова О.М.	Эксперт ООО «Промтехэкспертиза»

16.12.2015

Ключевые слова: *риск эксплуатации, показатели надежности, менеджмент надежности, энергоблок, анализ надежности, риск, отказ в работе.*

Тепловые электрические станции (далее ТЭС) относятся к опасным производственным объектам. Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997г. № 116-ФЗ для обеспечения требований промышленной безопасности предусматривается диагностирование сооружений и технических устройств, применяемых на этих объектах.

Учет повреждаемости, ремонтов и замены узлов оборудования энергоблоков тепловой электрической станции за определенный отрезок времени эксплуатации позволяет выполнить анализ повреждаемости оборудования и определить перечень элементов оборудования, от технического состояния которых зависит уровень надёжности и технического риска энергоблоков.

Краткие обозначения:

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом.
БТР – блочный трансформатор.
ВКК – входной коллектор котла.
ВУП – впрыскивающее устройство пароохлаждителя.
ГРП – газораспределительный пункт.
ЗПВ – задвижка питательной воды.

ОЛВ – общая линия воздушников.
ОРУ – выключатели открытого распределительного устройства.
ПВД – подогреватель высокого давления.
ПНК – поверхности нагрева котла.
ПСБУ – паро-сбросное устройство собственных нужд.
РВД – лопатки ротора высокого давления.
РВП – регенеративный воздухоподогреватель.
РПК – регулирующий питательный клапан.
СРЗТ – система регулирования и защиты турбины.
СЦГ – статор и цепь генератора.
ТДМ – тягодутьевой механизм.
УПТ – упорные подшипники турбины.
ХПП – дренаж трубопровода холодного промперегрева.
ЦВГ – цепь возбуждения генератора.
ЦСД – дренаж перепускной трубы клапана цилиндра среднего давления.
ЩАГ – щёточный аппарат генератора.

1. Действия эксплуатирующей организации по внедрению менеджмента надёжности и риска.

Менеджмент надёжности и риска эксплуатации оборудования (ГОСТ



Р.51.901.1 – 2002), являющийся частью системы общего менеджмента предприятия, обеспечивает минимизацию отказов оборудования на предприятии и издержек от существующих на ТЭС опасностей. Для внедрения менеджмента надёжности и риска эксплуатирующая организация выполняет и осуществляет.

1.1. Подготовительные работы для последующего выполнения анализа надёжности и риска:

а) контроль и оценку данных эксплуатации с целью выявления соответствия фактических показателей работы установленным требованиям.

б) подготовку исходных данных (ведение базы данных) для обеспечения требований надёжности и безопасности эксплуатации оборудования ТЭС, ГРЭС, а также возможности оценки риска в соответствии с настоящим нормативным документом.

1.2. Самостоятельно или с привлечением компетентной организации работу по оценке риска производства тепловой и электрической энергии. Оценка риска осуществляется с применением современных программных комплексов.

1.3. Учет результатов выполненных работ по надёжности и оценке риска при: а) разработке методик эксплуатации, технического обслуживания, контроля и действий в чрезвычайных ситуациях; б) корректировке информации об основных источниках риска и влияющих на риск факторах; в) принятии оперативных решений; г) внесении изменений в организационную структуру, производство, процедуры эксплуатации и компоненты системы полного менеджмента. д) планировании контроля, ремонта и замены оборудования с оценкой эффективности осуществляемых меро-приятий; е) оценке уровня надёжности и безопасности эксплуатации оборудования.

1.4. Совершенствование организационной структуры в проведении работ по контролю и ремонту оборудования электростанций за счёт:

- создания технического центра по контролю технического состояния оборудования электростанций, обладающего современным диагностическим оборудованием и персоналом;

- создания центра по ремонту оборудования электростанций, обладающего современными средствами ремонта, обеспечивающими качество отремонтированного оборудования до уровня, доступного для изготовителя этого оборудования.

2. Оценка технического риска эксплуатации оборудования электростанций.

В качестве модели энергоблока принята система, включающая котёл, турбину со вспомогательным оборудованием, элементы станционных трубопроводов, трансформатора и турбогенератора, то есть те элементы, повреждаемость которых приводила в процессе эксплуатации к незапланированному останову блоков. Анализ выполнен на основе данных по эксплуатации энергоблока Курганской ТЭЦ 2.

Обработанные исходные данные по повреждаемости элементов энергоблока приведены в табл. 1-7.

Для расчёта показателей надёжности (табл. 7) суммарная наработка элементов определялась на основании аналитических данных. Суммарная наработка, T_p , составила: по блоку №1: $T_p = 117637$ ч (кроме генератора); суммарная наработка генератора: $T_p = 70509$ ч при оценке надёжности отдельных элементов генератора.

Для оценки показателей надёжности в целом блока № 1 учитывалась вся наработка блока за время эксплуатации: $T_p = 117637$ ч, а

также все повреждения генератора блока № 1, имевшие место.

Установлены следующие показатели надёжности энергоблоков (по данным табл. 6): по блоку №1: $T_0 = 0,363г. = 3180$ ч, $T_B = 61$ ч, $K_G = 0,9812$, где K_G – коэффициент готовности.

Как видно, по коэффициенту готовности энергоблока № 1 по отдельным видам оборудования (паропроводы, турбина) надёжность энергоблока № 1 оказывается пониженной.

С целью уточнённого расчёта надёжности (риска) энергоблоков осуществлялось моделирование работы энергоблоков в период с 1993 по 2009 год с помощью общего логико-вероятностного метода анализа надёжности и риска сложных систем. В качестве программного обеспечения применялся программный комплекс ПК АРБИТР. В качестве модели энергоблока принята система, включающая котёл, турбину со вспомогательным оборудованием, элементы станционных трубопроводов, трансформатора и турбогенератора, т.е. те элементы, повреждаемость которых приводила в процессе эксплуатации к незапланированному останову блоков.

Данные для моделирования безотказной работы энергоблока, полученные обработкой исходных данных табл. 1 – 4, приведены в табл. 6.

Логическая схема функционирования энергоблоков - схема функциональной целостности (далее СФЦ) представлена на рис. 1. Моделирование безотказной работы энергоблоков и анализ их показателей надёжности (с помощью ПК АРБИТР) заключался в следующем: СФЦ преобразовывалась в вероятностную функцию, описывающую работоспособное состояние исследуемой системы. Последующая обработка вероятностной функции позволила

оценить показатели безотказной работы/технического риска исследуемой системы и провести анализ возможности оптимизации этих показателей.

Коэффициент готовности элемента вычислялся как $KG_i = T_{Pi} / (T_{Pi} + T_{Bi})$.

Коэффициент готовности системы представлял собой произведение коэффициентов готовности отдельных элементов энергоблока.

Каждому i -му элементу поставлена в соответствие простая логическая переменная \tilde{x}_i , которая может принимать два значения: $\tilde{x}_i = \{x_i, \bar{x}_i\}$, где x_i соответствует работоспособному состоянию элемента, а \bar{x}_i - инверсному состоянию (т.е. отказу). Соответствующая простой логической переменной логическая функция $Y(\tilde{x}_i) = Y_i$ описывает вероятность нахождения элемента в том или ином состоянии.

Анализ надёжности предусматривал определение значимости и положительного вклада каждого из элементов в работоспособность системы.

Значимость i -го элемента в системе находилась как:

$$\xi_i = \frac{\partial KG_c}{\partial KG_i}, \quad (1)$$

где KG_c – коэффициент готовности системы, KG_i – коэффициент готовности i -го элемента.

Положительный вклад i -го элемента определялся как:

$$\beta_i = Q_i \xi_i, \quad (2)$$

где Q_i – вероятность отказа i -го элемента.

«Положительный вклад i -го элемента» показывает, на сколько увеличится надёжность системы (т.е. энергоблока), если коэффициент готовности i -го элемента увеличить от текущего значения до единицы. Результаты расчёта приведены в таблице 7.



Табл. 1. Показатели повреждаемости и надёжности котельного оборудования.

Год	Номер энергоблока	Число отказов / время восстановления (ч) из-за повреждений							
		Всего отказов/суммарное время восстановления (ч)	В том числе из-за						
			повреждений поверхности нагрева (ПНК)	повреждений РВП и трубчатых воздухоподогрев.	повреждений котельно-вспомогат. оборудования	выхода из строя систем топливоподдачи твердого топлива и ГРП газообр. топлива	взрывов, хлопков, разрушений газоходов, обмуровки и др.	повреждений арматуры	прочих причин
2009	Блок 1	1/40	-	-	1/40 ТДМ	-	-	-	-
2002	Блок 1	0	-	-	-	-	-	-	-
2001	Блок 1	1/96	-	1/96 РВП-А	-	-	-	-	-
2000	Блок 1	0	-	-	-	-	-	-	-
1999	Блок 1	1/48	-	1/48 РВП-Б	-	-	-	-	-
1998	Блок 1	0	-	-	-	-	-	-	-
1997	Блок 1	1/20	-	-	1/20 ТДМ	-	-	-	-
1996	Блок 1	1/96	1/96 ШПП	-	-	-	-	-	-
1995	Блок 1	0	-	-	-	-	-	-	-
1994	Блок 1	0	-	-	-	-	-	-	-
1993	Блок 1	1/288	1/288 ВРЧ+НРЧ	-	-	-	-	-	-
Всего по Блоку		6/588	2/384	2/144	2/60	0	0	0	0
Всего 1993-2009		12/1176							



Табл. 2. Показатели повреждаемости и надёжности элементов паропроводов.

Год	Номер энергоблока	Число отказов / время восстановления (ч) из-за повреждений					Всего отказов/ суммарное время восстановления (ч)
		Станционный паропровод острого пара	Паропровод горячего промперегрева	Литые фасонные детали, в том числе арматура	Питательные трубопроводы	Трубопровод холодного промперегрева (ХПП)	
2009	Блок 1	-	1/132 Впрыскивающее устройство пароохладителя ВУП	-	-	-	1/132
		-	-	-	-	-	-
2007	Блок 1	1/51 ПСБУ с.н.	-	-	-	-	1/51
		-	-	-	-	-	-
2004	Блок 1	-	-	1/40 Регулирующий питательный клапан РПК-Б -	-	-	-
		-	-	-	-	-	1/40
2003	Блок 1	1/27 ПСБУ с.н. 1/48 ПСБУ с.н.	-	-	-	-	2/75
		-	-	-	-	-	-
2001	Блок 1	1/50 ПСБУ с.н.	-	-	-	-	1/50
2000	Блок 1	-	-	1/31 задвижка пит. воды ПВД-Б (ЗПВ)	-	-	1/31
1999	Блок 1	-	-	1/48 задвижка пит. воды ПВД-А (ЗПВ)	-	1/53 Дренаж ХПП	2/101
Всего по Блоку		4/176	1/132	3/119	0	1/53	9/480
1993-2009		18/960					



Табл. 3. Показатели повреждаемости и надёжности элементов турбины.

Год	Номер энергоблока	Число отказов / время восстановления (ч) из-за повреждений							Всего отказов/суммарное время восстановления (ч)
		проточной части	системы парораспределения	системы регулирования и защиты (СРЗТ)	подшипников	маслосистемы	трубопроводов и арматуры	Вспомогательное турбинное оборудование.	
2009	Блок 1	-	-	1/3 Клапаны РК ВД	-	-	-	-	1/3
2007	Блок 1	-	-	-	-	-	-	1/96 ПВД-6	1/96
2002	Блок 1	-	-	-	-	-	1/24 дренаж перепускной трубы клапана ЦСД	-	1/24
1999	Блок 1	-	-	1/120 СКСД №2	-	-	-	-	1/120
1998	Блок 1	-	-	-	1/120 Уп. подшипники	-	-	-	1/120
1997	Блок 1	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	Блок 1	-	-	-	1/120 Уп. подшипники	-	-	-	1/120
1994	Блок 1	-	-	-	-	-	1/24 дренаж перепускной трубы клапана ЦСД	-	1/24
1993	Блок 1	-	-	-	-	-	-	1/96 ПВД	1/96
Всего по Блоку		0	0	2/123	2/240	0	2/48	2/192	8/603
Всего 1993-2009		16/1206							



Табл. 4. Показатели повреждаемости и надёжности элементов электротехнического оборудования.

Год	Номер энергоблока	Число отказов / время восстановления (ч) из-за повреждений								Всего отказов/суммарное время восстановления (ч)
		Генератор						Выход из строя АСУТП, защит	Прочее оборудование	
		Повреждение щеточного аппарата (ЩАГ)	Повреждение подшипника	Повреждение системы охлаждения (СОГ)	Повреждение статора и цепи генератора (СЦГ)	Повреждение системы смазки	Повреждение цепи возбуждения (ЦВГ)			
2008	Блок 1	-	-	-	-	-	-	1/40	-	1/40
2006	Блок 1	1/12	-	-	-	-	1/31	-	-	2/43
2005	Блок 1	-	-	-	-	-	1/96 1/5	-	-	2/101
2004	Блок 1	-	-	-	-	-	-	1/5	-	1/5
2001	Блок 1	-	-	-	-	-	-	-	1/27 трансф.	1/27
2000	Блок 1	-	-	-	1/192	-	-	1/11 импульс. линия на котёл	1/48 трансф.	3/251
1999	Блок 1	-	-	-	-	-	1/96	1/9 импульс. линия на котёл	-	1/9
1996	Блок 1	1/17	-	-	-	-	-	1/5	-	1/5
Всего по Блоку		2/29	0	1/48	1/192	0	4/228	5/56	2/75	12/471
Всего 1993-2009		27/1099								



Табл. 5. Суммарные показатели надёжности оборудования энергоблока №1.

№ энергоблока	Средняя наработка на отказ, То, лет/среднее время восстановления, ч, по видам оборудования				
	Суммарно по энергоблоку	котельное оборудование	Паропроводы	Турбинное оборудование	Электрооборудование
Блок 1	0,363/61	2,24/98	1,68/55	1,68/75	0,895/43

Табл. 6. Показатели надёжности элементов* блока №1.

Номер элемента энергоблока №1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Обозначение элемента энергоблока №1	ПНК	РВП	ТДМ	ПСБУ	ВУП	ЗПВ	ХПП	СРЗТ	УПТ	ЦСД	ПВД	ЩАГ	СЦГ	ЦВГ	АСУТП	БТР
Средняя наработка на отказ, То, лет	6,71	6,71	6,71	3,36	13,4	6,71	13,4	6,71	6,71	6,71	6,71	8,05	8,05	2,68	2,69	6,71
Среднее время восстановления, ч	192	72	30	44	132	40	53	62	120	24	96	12	192	44	14	38

* Расшифровка кратких обозначений элементов приведена на странице 1.

Табл. 7. Результаты расчёта.

Номер эл-та	КГi эл-та	Значимость эл-та	Отрицат. вклад	Положит. вклад	Условное обозначение
1	0.99674	0.98352	-0.98032	0.0032021	ПНК
2	0.99878	0.98152	-0.98032	0.0012008	РВГ
3	0.99949	0.98082	-0.98032	0.00050033	ТДМ
4	0.99851	0.98178	-0.98032	0.0014655	ПСБУ
5	0.99888	0.98142	-0.98032	0.0011024	ВУП
6	0.99932	0.98098	-0.98032	0.00066711	ЗПВ
7	0.99955	0.98076	-0.98032	0.00044262	Дренаж ХПП
8	0.99895	0.98135	-0.98032	0.001034	СРЗТ
9	0.99796	0.98232	-0.98032	0.0020013	УПТ
10	0.99959	0.98072	-0.98032	0.00040027	Дренаж п/п трубы ЦСД
11	0.99837	0.98192	-0.98032	0.0016011	ПВД
12	0.99983	0.98048	-0.98032	0.00016682	ЩАГ
13	0.99728	0.98298	-0.98032	0.0026691	СЦГ
14	0.99813	0.98215	-0.98032	0.0018373	ЦВГ
15	0.99941	0.9809	-0.98032	0.00058242	АСУТП
16	0.99935	0.98095	-0.98032	0.00063376	БТР

По блоку №1:

- $KГс=0.980315841128$ – коэффициент готовности системы.
- $Tос=3149$ час (0.3595 год) – средняя наработка на отказ.
- $Tвс=63.2381$ час – среднее время восстановления системы.
- $Wс=2.781483$ – частота (средняя интенсивность) отказов (1/год).
- $Qс(8760.00)=0.938053$ – приближенная вероятность отказа.

Как видно из полученных результатов, расчёты показателей надёжности энергоблока, полученные обработкой суммарных данных по повреждаемости энергоблоков и расчёты, получены путём моделирования и расчёта (с помощью ПК АРБИТР), удовлетворительно совпадают (коэффициент готовности, средняя наработка на отказ, среднее время восстановления энергоблока).

Положительный вклад элементов приведен в расчёте и на диаграмме (рис. 2).

При оценке вклада элемента в надёжность энергоблока учитывались также следующие обстоятельства:

1. Устойчивость отказов элемента. Элементы, несущие значительный вклад в безотказность (например, ПНК, блок 1), отказы, которых не воспроизводились за время, превышающее межремонтный период (в данном примере за 12 лет), не включались в перечень элементов для оптимизации надёжности.

2. Соотношение средней наработки на отказ элемента и его суммарной наработки. Элементы, несущие значительный вклад в безотказность (например, СЦГ, блок 1), но утроенная средняя наработка на отказ которых превышает значение их суммарной наработки (в данном примере

3То > 24 года, $T_r \approx 8$ лет), не включались в перечень элементов для оптимизации надёжности.

Заключение

В случае обеспечения безотказной работы пяти критических элементов (ПВД, СРЗТ, ПСБУ, ЦВГ, АСУТП) средняя наработка блока на отказ возрастает с 3180 ч до 6080ч, или на 91%.

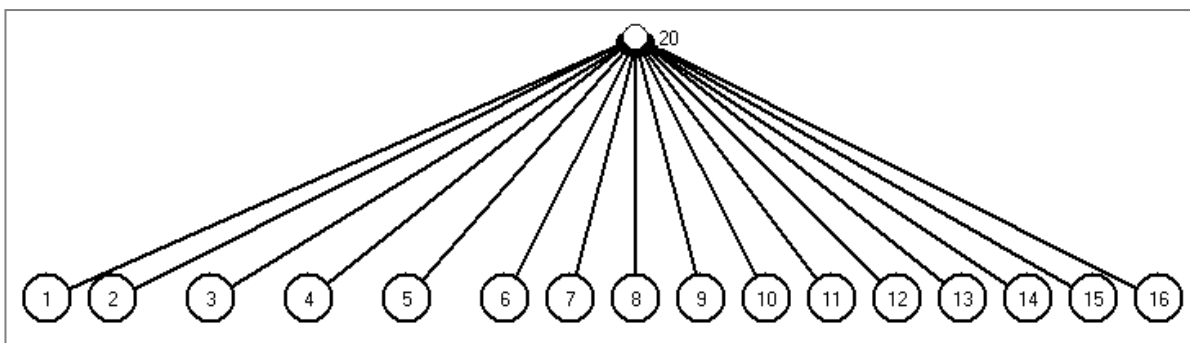


Рис. 1. Схема функциональной целостности энергоблока №1.

1, 2, 3, ..., 16 – номера элементов энергоблока, повреждаемость которых в процессе эксплуатации приводила к вынужденным остановам энергоблока



Рис. 2. Диаграмма положительных вкладов элементов энергоблока №1 в его коэффициент готовности. Номера элементов отмечены на оси X.

Литература

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: /Утв. Приказом Министерства энергетики РФ 2003-06-19 №229;



- Зарегистрировано Министерством юстиции РФ 2003-06-20 № 4799.– М.: СПО ОРГРЭС, 2003.
2. Инструкция по предупреждению и ликвидации аварий на тепловых электростанциях: / Утв. Приказом Минэнерго РФ от 30.06.2003 № 265.
 3. ГОСТ 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем: / Утв., введен в действие Постановлением Госстандарта России 2002-06-07 № 236ст.; Разраб. АО НИЦ КД.
 4. Методические указания по определению затрат на ремонт и техническое обслуживание основных промышленно-производственных фондов электро-станции, выполняемые хозяйственным способом: /Утв. РАО «ЕЭС России»; Разраб. ОАО «ЦКБ Энергоремонт»; Дата введения 2002-07-01.– М.: Рот. ЦКБ Энергоремонт, 2002.– 14 с.



СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО АРМИРОВАНИЯ ИЛИ УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ УГЛЕВОЛОКНОМ

УДК 69.059

Маринин В.М.

Эксперт Нижне-Волжского филиала ООО
«Промтехэкспертиза»

Филяков В.В.

Эксперт Нижне-Волжского филиала
ООО «Промтехэкспертиза»

16.12.2015

Ключевые слова: усиление конструкций, углеволокно, эпоксидный клей.

Усиление углеволокном – одна из проверенных временем технологий в сфере ремонта строительных сооружений, для восстановления несущей способности и усиления конструкций.

Принцип усиления конструкций углеволокном заключается в нанесении при помощи эпоксидного клея на нижнюю поверхность конструкций сверхпрочных углетканей. Таким образом можно усилить изгибаемые конструкции в растянутых зонах и на опорных участках в зоне действия поперечных сил, а также сжатые и внецентренно сжатые элементы.

Углеткань (углеволокно) – это современный материал, состоящий из тонких нитей диаметром 5-15 микрон, созданных преимущественно из атомов углерода. В формуле карбонового волокна атомы углерода объединены в микроскопические кристаллы, расположенные параллельно друг другу. Продольное расположение кристаллов придаёт материалу его основное свойство – большую прочность на растяжение. Кроме того, к преимуществам углеволокна относится низкий удельный вес, высокая сила натяжения, низкий коэффициент температурного расширения и химическая инертность.

Применение углеволокна – усиление конструкций.

Усиление железобетонных конструкций. Эти конструкции, сейчас наиболее распространённые в строительстве, их потенциальные проблемы – подверженность коррозии, возможна перегрузка отдельных элементов, неправильная эксплуатация. Для усиления ж/б конструкций используются преимущественно углеродные ленты и холсты. Использование углеродных лент Sika особенно выгодно в случаях, когда нужно обеспечить надёжную эксплуатацию дорогих, уникальных, или исторически значимых построек, замена или демонтаж которых невозможна вообще или значительно дороже ремонта. Сооружения, о которых идёт речь – это памятники архитектуры, гидротехнические или транспортные постройки (мосты).

Усиление металлических конструкций: растянутых конструкций; внецентренно-сжатых конструкций; повышение устойчивости высоких стенок балок.

Усиление деревянных конструкций, например, деревянных балок.

Усиление каменных конструкций, т.е. столбов, пилонов, простенков, а также каменных стен, повреждённых

после просадки фундамента, или имеющих отверстия в виде окон, дверей, технологические отверстия.



Рис. 1. Схема усиления железобетонной балки.

Впервые предварительно-напряжённые углеткани были применены в 1982 г. при усилении железобетонного автомобильного моста на юге Германии.

В России впервые углеродные ленты использовались в 2003 г. для усиления балок пролётов автодорожного моста (104 км трассы Москва – Нижний Новгород).

Несмотря на активное применение в зарубежном строительстве углепластиковых материалов, в России эта сфера строительной деятельности является еще относительно молодой и специфичной.

Технология практически не имеет достойной альтернативы при необходимости усиления несущих конструкций, вызванной изменением функционального назначения сооружений, реконструкцией или значительной потерей несущей способности в ходе эксплуатации.

Высокопрочные системы усиления (ВСУ) позволяют повысить прочность конструкции почти в 2 раза от нормативной.

При его использовании удаётся сохранить первоначальное сечение элемента конструкции, что прекрасно подходит для укрепления несущих стен и плит перекрытия.

Этот метод, значительно проще традиционного, кроме того, на его осуществление, затрачивается значительно меньше времени.

Новый метод усиления – это возможности проведения усиления без остановки коммерческой деятельности предприятия, действующего производства, сохраняя габариты помещения.

При усилении системой внешнего армирования не требуется никакой дополнительной громоздкой техники.

Усиление углеволокном необходимо в зоне наибольших растягивающих усилий. Холст внешнего армирования клеится на нижнюю поверхность, предварительно разгрузив плиту и подперев домкратами (желательно чтоб не было прогиба, и выгиба тоже). После нагружения плиты в работу включится углеволокно в середине пролета, а концы, пусть и недоведенные до опоры, будут выполнять роль анкеров. Поперечные полосы нужны для лучшего сцепления с бетоном.



Рис. 2. Схема усиления железобетонной балки моста.

Достоинства систем высокопрочного усиления на основе углепластиков:

- элементы усиления имеют ничтожный вес по сравнению с привычными решениями по усилению стальными элементами;
- для монтажа систем высокопрочного усиления не требуется специальная

грузоподъемная техника, все материалы легко перемещаются вручную в нужную точку конструкции;

- возможность производства работ в крайне стесненных и даже замкнутых условиях;
- возможность усиления конструкций, находящихся далеко от транспортных путей, куда невозможно или затруднительно доставить стальные элементы усиления;
- возможность усиления конструкций, работающих в агрессивных средах;
- возможность усиления конструкций, подверженных воздействию жидких агрессивных сред, в том числе, возможность крепления систем усиления под водой;
- элементы усиления на основе композитных материалов не подвержены коррозии и воздействию агрессивных сред, кроме того они не проводят электрический ток;
- работы по усилению возможно выполнить в кратчайшие сроки;
- высокопрочные системы усиления имеют ничтожный габарит, не уменьшают строительную высоту перекрытия и не увеличивают габариты усиливаемой конструкции.

Несмотря на большое количество достоинств, такие системы усиления имеют и ряд недостатков:

- максимальная эксплуатационная температура системы высокопрочного усиления составляет от 60 до 150°C, что требует выполнения теплозащиты и огнезащиты таких конструкций усиления;
- достаточно высокие требования к прочности и подготовке поверхности усиливаемой железобетонной конструкции;
- для качественного и надежного выполнения работ по усилению с

помощью углепластиковых материалов требуются высококвалифицированные рабочие, прошедшие специальную подготовку и имеющие достаточный опыт работы;

- целый ряд эстетико-психологических проблем — людям очень трудно поверить, что такая незначительная, казалось бы, углепластиковая лента, приклеенная к бетону, столь существенно увеличивает несущую способность усиливаемой конструкции.

Основные требования к усиливаемой конструкции:

- максимальная эксплуатационная температура работы системы ВСУ не должна превышать температуру стеклования полимерной матрицы и клея (ориентировочно 60-150°C);
- внешние ВСУ используются для продольного и поперечного армирования стержневых элементов, для создания армирующих усиливающих оболочек на колоннах и опорах мостов, эстакад, консолях колонн, для усиления плит, оболочек, элементов ферм и других конструкций;
- рациональной степенью усиления с помощью системы ВСУ является диапазон 10-60% от начальной несущей способности усиливаемой конструкции;
- система усиления ВСУ может применяться, если фактическая прочность на сжатие бетона конструкции составляет не менее 15 МПа. Это ограничение не распространяется на усиление сжатых и внецентренно сжатых элементов горизонтальными обоймами, когда важна только механическая связь обоймы с конструкцией.
- использование системы ВСУ не останавливает начавшиеся процессы



коррозии арматурной стали в бетоне. Поэтому перед усилением конструкции необходимо обработать бетонную поверхность мигрирующим ингибитором коррозии арматурной стали, а при отделении защитного слоя – оголить арматуру и обработать её грунтом-преобразователем ржавчины и затем восстановить защитный слой специальными полимерцементными

ремонтными составами, обеспечивающими высокую адгезию к «старому» бетону, предотвращение развития коррозии арматуры.

На сегодняшний день бытует мнение, что работы по усилению конструкций углепластиковыми значительно дороже, чем традиционные способы. На самом деле, это не так. В большинстве случаев усиление углеволокном дешевле, чем усиление металлом на 10-25%.

Литература

1. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. Разработано ООО «Интераква» и НИИЖБ.
2. СП 164.1325800.2014. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Правила проектирования.



АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТ ПО ПРОДЛЕНИЮ СРОКОВ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОТЛОВ ТИПА ДКВР

УДК 67

Митяков А.Н.	Эксперт отдела ЭТУ
Бич А.Н.	Эксперт отдела ЭТУ
Лебедев А.Л.	Начальник отдела экспертизы ТУ
Перовский К.Э.	Старший инженер отдела ЭТУ Северо-Кавказского филиала ООО «Промтехэкспертиза»,
Корнев Г.Ю.	Главный инженер ЗАО «Кубаньагрооргтехстрой»

16.12.2015

Аннотация. Произведен анализ результатов работ по продлению сроков безопасной эксплуатации котельного оборудования.

Ключевые слова: нагруженные участки, техническое диагностирование, остаточные деформации.

При достижении котлами срока службы определенным заводом – изготовителем, нормативной документацией или окончания срока, установленного проведенной ранее экспертизой промышленной безопасности, производятся работы по продлению сроков безопасной эксплуатации оборудования.

Данный вид работ в соответствии с действующей нормативной документацией включает в себя:

- анализ технической документации;
- наружный и внутренний осмотры;
- визуальный и измерительный контроль элементов;
- контроль сплошности основного металла элементов, сварных и заклепочных соединений неразрушающими методами дефектоскопии;
- ультразвуковая толщинометрия;
- определение твердости металла

барабанов и коллекторов;

- магнитопорошковая или капиллярная дефектоскопия;
- разрушающий контроль элементов (при необходимости);
- оценка степени коррозионно-эрозионного износа;
- прочностной расчет элементов;
- гидравлическое испытание;
- анализ результатов контроля, исследований, прочностных расчетов и гидравлического испытания;
- прогнозирование возможности, рабочих параметров, условий и срока дальнейшей безопасной эксплуатации котла, а также периодичности, объемов и метод последующего контроля. [1]

Анализ эксплуатационной и технической документации проводится для ознакомления с конструктивными особенностями, материалами, технологией изготовления и монтажа,



условиями эксплуатации, проведенными ремонтами или заменой элементов, выявления наиболее нагруженных участков элементов конструкции.

Визуальный и измерительный методы контроля проводятся для выявления и определения параметров наружных дефектов, образовавшихся в процессе эксплуатации, на стадии монтажа, ремонта и развитие которых может привести к разрушению поврежденных элементов.

Ультразвуковая толщинометрия проводится в соответствии с требованиями действующих нормативных документов для определения фактической толщины, скорости коррозионного и эрозионного износа стенок элементов. Устанавливает сроки замены изношенных элементов, уровни снижения рабочих параметров и сроки восстановительного ремонта.

Ультразвуковой контроль сварных, заклепочных соединений и металла гибов проводится с целью выявления внутренних дефектов по соответствующим методикам.

Магнитопорошковый или капиллярный контроль контрольный участков проводится с целью выявления поверхностных дефектов по соответствующим методикам.

Гидравлическое испытание котла, как завершающая операция, осуществлялось с целью проверки плотности и прочности всех элементов, работающих под давлением. Испытание проводилось при положительных результатах технического диагностирования или после устранения обнаруженных дефектов. [2]

Котельные агрегаты состоят из нескольких групп однотипных элементов, которые имеют свои конструктивные особенности и различный остаточный ресурс. Расчетный остаточный ресурс котла устанавливается по группе элементов с

минимальным значением данного параметра.

При анализе результатов технического диагностирования полученные, фактические данные по геометрическим размерам, формам, свойствам материалов основных элементов сравнивались с исходными, а параметры выявленных дефектов сопоставлялись с нормами оценки качества. При обнаружении местных или общих остаточных деформаций, изменяющих форму элементов, выполнялся проверочный расчет на прочность с определением местных напряжений.

Необходимым условием возможности дальнейшей безопасной эксплуатации котла на разрешенных параметрах является соответствие элементов котла условиям прочности, установленным действующей нормативной документацией.

Результаты анализа расчетов остаточных ресурсов элементов более 100 котельных агрегатов типа ДКВР отображены в таблице 1.

Табл. 1. Анализ расчетов остаточных ресурсов котлов ДКВР по элементам.

Группа элементов котла	Количество котлов с минимальным ресурсом по данному элементу
Трубы поверхностей нагрева экранов	15
Коллекторы экранов	8
Трубы поверхностей нагрева конвективного пучка	11
Коллекторы пароперегревателя	2
Трубы пароперегревателя	3

Группа элементов котла	Количество котлов с минимальным ресурсом по данному элементу
Верхний барабан	45
Нижний барабан	24
Необогреваемые трубопроводы в пределах котла	3
Запорная и регулирующая арматура	27 (необходима замена элемента)

В случаях, когда фактическая толщина некоторых элементов оказывалась выше расчетных значений, расчет остаточного ресурса не проводился.

Если, по условиям прочности, при статических нагружениях отдельные элементы котла из-за утонения стенок от коррозии, эрозии или других повреждений, а также из-за снижения механических свойств металла, сварных соединений или пониженных запасов прочности, не выдерживают расчетное давление и температуру, продление сроков безопасной эксплуатации возможно при установлении пониженных параметров, после восстановительного ремонта, после замены соответствующих элементов [2].

Помимо эрозионных повреждений наружной поверхности экранов

Литература

1. СО 153-34.17.469-2003 «Инструкция по продлению срока безопасной эксплуатации паровых котлов с рабочим давлением до 4 МПа включительно и водогрейных с температурой воды выше 115С».
2. РД 34.17.435-95 «Техническое диагностирование котлов с рабочим давлением до 4,0 МПа включительно».

нарушение режимов горения в топке котла в совокупности с накипью и отложениями на внутренней поверхности могут привести к прогару данных элементов (рис. 1).

Исходя из результатов анализа расчетов остаточных ресурсов элементов, минимальный ресурс верхнего барабана наблюдается почти у половины обследованных котлов, что объясняется сложными условиями работы данного элемента.



Рис. 1. Прогоревшие трубы фронтального экрана.

Главным условием длительной безопасной эксплуатации котлов типа ДКВР, имеющих достаточно большой начальный запас прочности элементов, является соблюдение эксплуатирующим персоналом необходимых условий и режимов эксплуатации оборудования.



ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕМОНТЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

УДК 621.86

Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Беляев Г.С.	Директор по науке и технике ООО «Промтехэкспертиза»

23.12.2015

Аннотация. В статье рассмотрены некоторые зависимости работоспособности козловых и мостовых грузоподъемных кранов от технического состояния крановых (рельсовых) путей.

Ключевые слова: крановый путь, нагрузки.

При проведении экспертизы промышленной безопасности мостовых и козловых кранов (Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов») одним из обязательных этапов экспертизы является обследование кранового пути.

В соответствии с РД-10-138-97 «Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин» под термином «крановый путь» понимается – сооружение, состоящее из направляющих, их стыковых и промежуточных скреплений; опорных элементов (балки, фермы, колонны и другие строительные конструкции, а также балластная призма и земляное полотно для наземного кранового пути); путевого оборудования.

В СП 12-103-2002: «Пути наземные рельсовые крановые. Проектирование, устройство и эксплуатация» дано несколько иное определение термину «крановый путь» - конструкция, воспринимающая и передающая

крановые нагрузки на грунтовое основание и обеспечивающая безопасную работу крана на всём пути его передвижения».

В Федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» и в Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» взамен термина «крановый путь» фигурирует понятие «рельсовый путь»

Как бы не интерпретировалось определение кранового/рельсового пути, очевидно, что от его состояния зависит не только безопасность проведения работ, но и возможность длительной и безаварийной эксплуатации самого крана.

В соответствии с требованиями [1, п. 26] рельсовый путь для грузоподъемных машин должен быть сконструирован и изготовлен так, чтобы в процессе эксплуатации он сохранял заявленную прочность, жесткость,

устойчивость, усталость, износо- и коррозионную стойкость.

При выполнении краном подъема и перемещения груза на элементы кранового пути действуют разнонаправленные динамические нагрузки, напрямую зависящие от общей массы крана – постоянной составляющей, и массы перемещаемого груза – переменной составляющей.

Давление колеса ходовой тележки крана на головку рельса может достигать нескольких десятков, а то и сотен тонн в случаях применения специальных кранов грузоподъемностью 300т и более.

Качественно спроектированный и изготовленный рельсовый путь – наземный или надземный, должен равномерно воспринимать нагрузки на всем своем протяжении.

Появление таких характерных дефектов, как сужение-уширение, увеличение зазоров и перепады высот головок рельсов в стыках, перепады высот направляющих, добавляют к расчетным составляющим силы, возникающие в результате ударов, «микропадений» и «микроподъемов» на «ступеньке» в стыках, трения реборд ходовых колес.

При интенсивном использовании крана, особенно после некачественного ремонта или ошибочных «ремонтных» решений, динамика появления и развития дефектов происходит в геометрической прогрессии. Развитие дефекта направляющих, их стыковых и промежуточных скреплений, опорных элементов, ходовых колес, металлоконструкций крана происходит в каждом рабочем цикле, и, чем больше собственная масса крана, масса груза, чем больше скорость одновременного перемещения груза в вертикальной и горизонтальной плоскостях, тем интенсивнее.

В качестве примера негативного воздействия «ремонтных» решений,

отличных от запроектированных изготовителем оборудования, можно привести рельсовый путь грузовой тележки крана-перегрузателя, установленного на площадке хранения и погрузки-разгрузки угля ТЭЦ-2 Челябинского филиала ОАО «Фортум».

Ремонт был произведен в связи с износом существующих рельсов путем их замены. После непродолжительной эксплуатации вновь установленные рельсы пришли в негодность. При проведении оценки соответствия паспортным и расчетным характеристикам технических решений при замене рельсов выяснилось, что в качестве направляющих пути тележки были применены с рельсы типа А75 (крановый перегружатель изготовлен в ГДР), а на замену взят отечественный рельс КР-70. По химическому составу и механическим свойствам применяемые при изготовлении рельсов А75 и КР-70 стали достаточно схожи, но геометрия профилей отличается значительно.

Когда рельс с шириной подошвы $b = 200\text{мм}$ и высотой головки $h = 85\text{мм}$ (А-75) меняется на рельс с шириной подошвы $b = 120\text{мм}$ и высотой головки $h = 120\text{мм}$ (КР-70) неизбежно увеличение моментов динамических сил от колеса тележки на головку рельса.

Динамические нагрузки возникают при выполнении операций «подъем груза», «перемещение крана», «перемещение грузовой тележки». Так как рельсовый путь грузовой тележки расположен перпендикулярно направлению передвижения крана, то не трудно заметить, что наибольший изгибающий момент в рельсе M_p от воздействия колеса грузовой тележки на головку рельса (F_2, F_2') возникает в момент начала движения крана с максимально загруженным грейфером, то есть, прогрессия износа поверхности катания обусловлена увеличением плеча приложения нагрузок – $h_{кр70}=120\text{мм} >$

$h_{a75}=85\text{мм}$ и уменьшению площади опоры

$- b = 120\text{мм} < b = 200\text{мм}$.

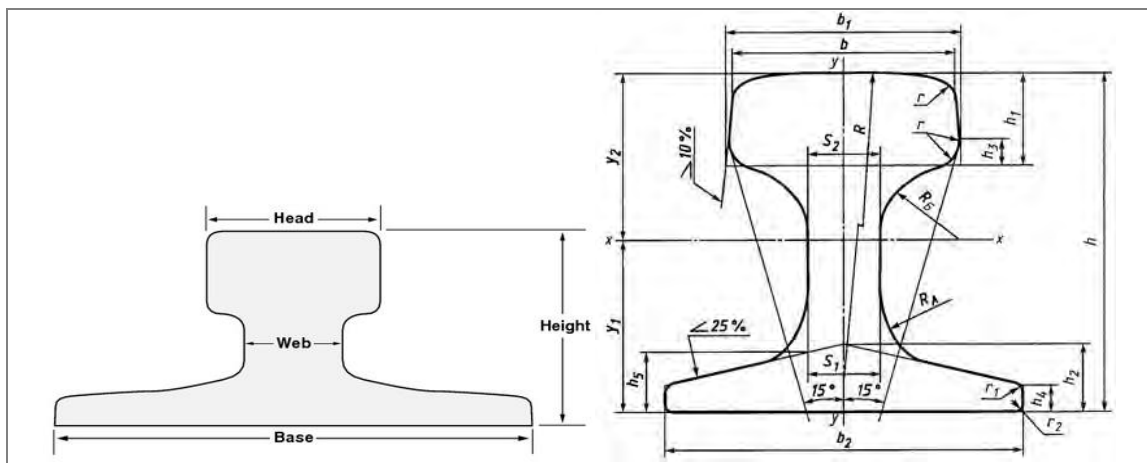


Рис.1. Профили рельсов А-75 и КР-70 в сравнении.

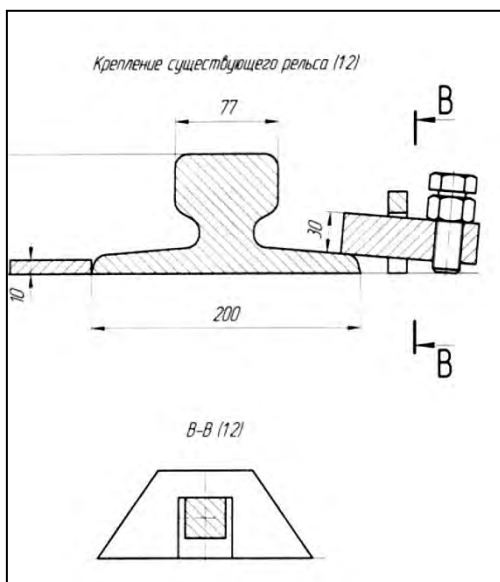


Рис.2. Заводское крепление рельса А-75.

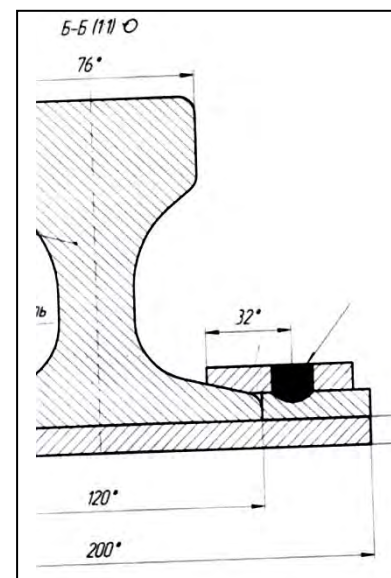


Рис.3. Крепление рельса КР-70.

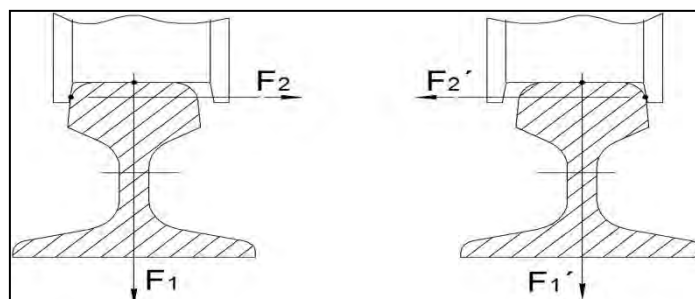


Рис. 4. Действие сил от колеса тележки на головку рельса при изменении направления передвижении крана «вперед»-«назад».

Исходя из геометрических параметров изгибающий момент M_{p1} от динамических нагрузок $\Sigma F_{д1}$,

действующих на головку рельса КР-70, превышает в 1,66 раза изгибающий момент M_{p2} от динамических нагрузок

$\Sigma F_{д2}$, действующих на головку рельса А-75.

$$M_{p1} = \Sigma F_{д1} \times h = \Sigma F_{д} \times 120;$$

$$M_{p2} = \Sigma F_{д2} \times H = \Sigma F_{д} \times 85;$$

Так как нагрузки идентичны: $\Sigma F_{д1} = \Sigma F_{д2}$,
то

$$M_{p1} / M_{p2} = \Sigma F_{д1} \times 120 / \Sigma F_{д2} \times 85 = 1,66.$$

Так как стенка рельса КР-70 в 1,95 раза тоньше стенки рельса А-75 при максимальных нагрузках происходит упругое смещение головки рельса от вертикали, что приводит к уменьшению площади опоры колеса грузовой тележки и, как следствие, к более интенсивному износу головки рельса при одновременном выполнении операций «перемещение крана» и «перемещение грузовой тележки».

В свою очередь, на зажимы промежуточных креплений рельса КР-70 действует отрывающая сила, превышающая в 2,74 раза силу, действующую на зажимы крепления рельса А-75, что приводит к деформациям, ослаблению и, в конечном итоге, к разрушению отдельных элементов крепления. При этом отклонение головки рельса от вертикали увеличивается при каждом приложении нагрузки, способствуя уменьшению площади катания пары «колесо-головка рельса», тем самым усугубляя износ кранового пути и крана в целом.

Горячекатаные плоские крановые рельсы А-75 производятся по DIN 536 и

не изготавливаются отечественными производителями. Стоимость приобретения рельсов А-75 по DIN 536 существенно выше стоимости приобретения рельсов КР-70. Тем не менее, ремонт подтележного пути перегружателя с использованием рельсов А-75, изначально предусмотренных проектом крана, являлся бы рациональным техническим решением, оправданным за счет увеличения сроков надежной и безопасной эксплуатации перегружателя в целом.

Примеров непродуманных решений при выполнении ремонтов крановых путей достаточно много и последствия их бывают трудно поправимы. При наличии квалифицированного подхода к организации эксплуатации крановых путей серьезные ремонты достаточно редкое явление – обычно ограничивается периодическим контролем с последующей рихтовкой.

Организациям, эксплуатирующим мостовые или козловые краны, необходимо помнить: отсутствие надзора, профилактики, своевременного ремонта кранового пути могут привести к быстрому износу, выходу из строя кранового оборудования, а, возможно, и опорных (строительных) конструкций, что неизбежно приведет к вынужденным простоям и значительным финансовым потерям.

Литература

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования».
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения».
3. СП 12-103-2002: «Пути наземные рельсовые крановые. Проектирование, устройство и эксплуатация». Госстрой России 2003г.
4. РД-10-138-97. Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин. Утвержден постановлением Госгортехнадзора 28.03.97 №14.



5. ГОСТ 4121-96. Межгосударственный стандарт. Рельсы крановые. Технические условия. Утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта РФ от 18 декабря 2001г. N 536-ст.



ПОВЫШЕНИЕ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ, КАК МЕТОД УВЕЛИЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО РЕСУРСА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

УДК 62-237:67.019:667

Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Беляев Г.С.	Директор по науке и технике ООО «Промтехэкспертиза»

24.12.2015

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос повышения жизнестойкости грузоподъемного оборудования автомобильных кранов за счет применения эффективных методов нанесения защитных и лакокрасочных покрытий на поверхности металлоконструкций.

В процессе многочисленных осмотров-обследований автомобильных кранов, проводимых в рамках экспертизы промышленной безопасности технических устройств экспертами постоянно отмечается заметное отличие состояния лакокрасочного покрытия элементов крановых установок отечественных и зарубежных производителей.

Такие популярные краны отечественного производства, как «Ивановец», «Клинцы», «Галичанин», «Челябинец» и др., отработавшие нормативный срок службы, выглядят значительно старше своих зарубежных собратьев, таких, как КАТО, Liebherr и др., даже более раннего года выпуска.

Как известно, внешний вид автокрана и качество лакокрасочного покрытия элементов крановой установки являются немаловажными факторами при оценке его технического состояния. Отсутствие адгезии в процессе окраски, неоднородность лакокрасочного покрытия, нанесенного на недостаточно подготовленные поверхности

металлоконструкций крановой установки приводят к проникновению под отслоившееся лакокрасочное покрытие атмосферной влаги и, как следствие, к образованию очагов коррозии. Часто такие очаги образуются в недоступных или неудобных для контроля местах и, при несвоевременном обнаружении, могут привести к проникающей коррозии, что значительно снижает жизнеспособность конструкции крана в целом.

Свойства и качество лакокрасочного покрытия зависят от взаимодействия краски с обрабатываемой поверхностью. Современные лакокрасочные составы обладают достаточно высокими показателями жизнестойкости при условии их надежного сцепления с обрабатываемой поверхностью, поэтому именно подготовка металлических поверхностей секций стрелы и других элементов крановой установки под покраску является одним из важнейших условий качества и долговечности покрытия.

В условиях отечественного производства наиболее популярна технология окраски металлических конструкций, включающая в себя такие этапы, как:

- **очистка поверхностей** с помощью ручного и электроинструмента, специальных химических растворов - при этом поверхности очищаются от загрязнений, остатков прежнего лакокрасочного покрытия, поврежденные участки зачищаются до полного удаления ржавчины;
- **подготовка поверхностей** – на этой стадии выполняется обеспыливание, обезжиривание, антикоррозийная обработка, грунтование для лучшего распределения и закрепления краски;
- **окраска поверхностей** – покрытие наносится минимум в два слоя методом распыления, с использованием специального электрооборудования и механического инвентаря. При необходимости количество слоев может быть больше. При этом должны строго соблюдаться требования к температурному режиму, позволяющие избежать образования конденсата.

Очевидно, что, на каждом этапе, большой объем работ выполняется вручную, то есть присутствует человеческий фактор, что, в совокупности с жесткими требованиями к температурному режиму, приводит к снижению гарантированного качества окраски таких крупногабаритных изделий как секция стрелы, поворотная и неповоротная рамы.

В передовых технологиях используются автоматизированные линии **подготовки поверхностей - песко(дробе)струйные и химические установки для обработки стрел, ходовых и поворотных рам, с последующим нанесением лакокрасочного покрытия, позволяющие**

получать стабильное качество на выходе. Именно такие технологии окрашивания металлоконструкций крановой установки обеспечивают продолжительный срок службы лакокрасочного покрытия и способствуют увеличению эксплуатационного ресурса кранового оборудования в целом.

Можно уверенно говорить о том, что, затраты эксплуатирующих организаций на проведение ежегодных косметических ремонтов и профилактических работ при подготовке кранов импортного производства таких ведущих производителей, как КАТО, Liebherr, к техническому освидетельствованию в рамках требований [2], ниже чем для кранов отечественного производства.

В качестве положительного примера внедрения передовых технологий можно привести АО «Галичский автокрановый завод», который подготовил и запустил в эксплуатацию современную дробеструйную камеру, которая может обрабатывать стрелы и другие металлоконструкции кранов длиной до 15м. и шириной до 5м.

Благодаря дробеструйной обработке, металлоконструкции автокрана очищаются от окалины, поверхностной коррозии, жировых загрязнений, приобретают нужную шероховатость. Это позволяет максимально увеличить адгезию лакокрасочного материала к обрабатываемой поверхности и, как следствие, получать защитные покрытия, срок эксплуатации которых может достигать десяти и более лет в зависимости от условий эксплуатации металлоконструкций.

Таким образом, высокое качество лакокрасочного покрытия элементов крановой установки напрямую участвует в сохранении коррозионной стойкости металлоконструкций и увеличении



эксплуатационного ресурса крана в целом.

Литература

1. Федеральный закон N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 (ред. от 13.07.2015).
2. «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. N 533.
3. РД-10-112-1-04 «Рекомендации по экспертному обследованию грузоподъемных машин. Общие положения».
4. Официальный сайт АО «Галичский а/крановый завод» <http://www.gakz.ru/>, новостной сайт <http://b-k-r.ru/novosti/novosti-za-2015>.



ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЛИФТОВ

УДК 006.88 + 62-05

Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Беляев Г.С.	Директор по науке и технике ООО «Промтехэкспертиза»

25.12.2015

Аннотация. *О проблемах организации надзора в сфере деятельности организаций, специализирующихся на эксплуатации и обслуживании лифтов.*

В последнее время в экономической политике Российской Федерации происходят заметные перемены, связанные с созданием и развитием Таможенного союза, расширением международного сотрудничества. На фоне происходящих изменений пересматривается нормативная база системы промышленной безопасности. Так в 2010 году постановлением правительства был принят технический регламент «О безопасности лифтов», а затем, решением комиссии Таможенного союза №824 от 18 октября 2011 года, принят технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 011/2011 «Безопасность лифтов». Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов ПБ-10-558-03 стали основой для создания таких национальных стандартов, как ГОСТ Р 53780 «Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке», ГОСТ Р 53782 «Лифты Методы оценки при вводе в эксплуатацию», ГОСТ Р 53783 «Лифты Методы оценки в период эксплуатации», ГОСТ Р 54999-2012

Общие требования к инструкции по техническому обслуживанию лифтов», которыми, как бы, закрыли вопросы по устройству и эксплуатации лифтов.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 13 мая 2013 г. № 407 «Об уполномоченных органах Российской Федерации по обеспечению государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза» надзор за ТР ТС «Безопасность лифтов» возложена на Ростехнадзор.

Для осуществления надзора при вводе лифтов в эксплуатацию, в период эксплуатации и отработавших нормативный срок, используя опыт и наработки экспертных организаций, пришлось создать и аккредитовать в рамках системы Росстандарта независимые испытательные центры-лаборатории и органы по сертификации, в которые были переведены специалисты по лифтам экспертных организаций системы промышленной безопасности, прошедшие обучение и аттестацию в качестве экспертов Росстандарта. Для



определения уровней компетентности экспертов в 2013 году были разработаны проекты профессиональных стандартов эксперта и специалиста по оценке соответствия лифтов требованиям безопасности.

Всё бы хорошо, но процесс аттестации экспертов и специалистов достаточно хлопотное и затратное дело, так как осуществляется в Центральной Аттестационной Комиссии (ЦАК) в г. Москва после предаттестационной подготовки, а вопросы, связанные с аттестацией персонала, ответственных лиц, организацией надзора специализированных лифтовых организациях остались без должного внимания. Так как лифты переданы в ведение Росстандарта, программы Ростехнадзора по аттестации специалистов и новые правила «Правила безопасности ОПО, на которых используются подъемные сооружения» на лифты не распространяются, как будто лифты не являются подъемными сооружениями. На протяжении нескольких лет - с 2010 года по 2015 год, происходит ломка устоявшейся системы надзора, в которой краеугольным камнем являлся Ростехнадзор. Внимание его к лифтам заметно ослабло, сократился и штат инспекторов в отделах подъемных сооружений. Эксплуатирующие и специализированные лифтовые организации, испытывая недостаток информации об изменениях в нормативной базе, законодательстве, руководствуются здравым смыслом и старыми инструкциями, особенно при подготовке специалистов и персонала. К счастью, благодаря привычке соблюдать хоть какие то правила, удалось сохранить систему надзора, представляющую из себя на сегодняшний день некий симбиоз старого и несформировавшегося нового. В связи с отсутствием «угрозы» предписаний и наказаний Ростехнадзора многие – в основном мелкие владельцы лифтов, ушли в тень, не проводя

технические освидетельствования и плановые ремонты по 2-3 года, пуская все на самотек вплоть до отказа оборудования.

Согласно статье 5 Федерального закона Российской Федерации от 4 марта 2013 г. 22ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» к опасным объектам, владельцы которых обязаны осуществлять обязательное страхование, относятся расположенные на территории Российской Федерации и на иных территориях, над которыми Российская Федерация осуществляет юрисдикцию в соответствии с законодательством Российской Федерации и нормами международного права:

- 1) опасные производственные объекты, подлежащие регистрации в государственном реестре в соответствии с законодательством Российской Федерации о промышленной безопасности опасных производственных объектов;
- 2) гидротехнические сооружения, подлежащие внесению в Российский регистр гидротехнических сооружений в соответствии с законодательством Российской Федерации о безопасности гидротехнических сооружений;
- 3) автозаправочные станции жидкого моторного топлива;
- 4) лифты, подъемные платформы для инвалидов, эскалаторы (за исключением эскалаторов в метрополитенах).

Все вышеизложенное не укладывается в привычную логическую цепочку, когда из одного вытекает следующее. Очевидно, что система надзора в области организации безопасной эксплуатации лифтов недостаточно эффективна, так как отсутствует прямая зависимость эксплуатирующих и специализированных



лифтовых организаций от Росстандарта, не отслеживаются их компетентность и технические возможности для осуществления деятельности в области монтажа, ремонта и обслуживания лифтов. Необходимо на базе новой нормативной базы создать программы для подготовки и аттестации специалистов и персонала в доступной

для реализации в регионах форме, делегировать право аттестации и выдачи удостоверений установленного образца в действующие органы по сертификации. Это позволит повысить ответственность эксплуатирующих и специализированных лифтовых организаций и значительно улучшить ситуацию в области оценки соответствия лифтов.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 30, ст. 3588).
2. Федеральный закон от 4.03.2013 г. № 22-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
3. «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъёмные сооружения». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. N 533.
4. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 011/2011 «Безопасность лифтов» (Принят решением комиссии Таможенного союза №824 от 18.10.2011).
5. ПБ 10-558-03 (ПУБЭЛ) – «Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов». Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 16.05.03 г. № 31 Зарегистрировано в Минюсте России 27.05.03, рег. № 4597.
6. ГОСТ Р 53780-2010. Лифты. Общие требования безопасности к устройству и установке.
7. ГОСТ Р 53782-2010. Лифты. Методы оценки при вводе в эксплуатацию.
8. ГОСТ Р 53783-2010. Лифты. Правила и методы оценки соответствия лифтов в период эксплуатации.



ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ, КАК ИНСТРУМЕНТ НАДЕЖНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

УДК 69.05:69.002.5

Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Беляев Г.С.	Директор по науке и технике ООО «Промтехэкспертиза»

28.12.2015

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы повышения ответственности разработчика на стадии разработки проектов производства работ кранами и сокращения аварийности при непосредственном производстве работ грузоподъемными кранами (ППРк).

При обследовании самоходных грузоподъемных кранов, проводимых в рамках экспертизы промышленной безопасности технических устройств (Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»), часто обнаруживаются недопустимые деформации, нарушения геометрии элементов металлоконструкций стрелы, поворотной и неповоротной рам, аутригеров и других элементов крановой установки. Выявление столь значительных дефектов, нередко приводит к невозможности дальнейшего использования крана с указанными в паспорте характеристиками, и, как следствие, к снижению его эксплуатационного ресурса.

Незначительные дефекты образуются при длительном хранении в разобранном виде, транспортировке, сборке крана на площадке. Но чаще причиной появления деформаций являются аварийные ситуации, возникающие при перегрузке и потере

устойчивости крана в процессе эксплуатации. При наличии исправных, правильно отрегулированных ограничителей, указателей и регистраторов автоматически исключается значительная часть возможных повреждений металлоконструкций и механизмов грузоподъемных кранов в следствии нарушений правил эксплуатации. К сожалению, опыт проведения экспертиз промышленной безопасности грузоподъемных самоходных кранов свидетельствует о том, что зачастую системы безопасности и контроля не отрегулированы или преднамеренно заблокированы для выполнения работ с предельными грузами на максимальных вылетах, что и приводит к перегрузке всех элементов несущих металлоконструкций и механизмов крана, а не редко к инцидентам и авариям с кранами.

Установка грузоподъемных машин, организация и выполнение строительно-монтажных работ с их применением, последовательность выполнения технологических операций



по перемещению грузов должны осуществляться в соответствии, со специально разработанным для этих целей, проектом производства работ кранами (далее – ППРк).

В ППРк должны предусматриваться условия безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, в частности:

- соответствие устанавливаемых кранов условиям строительно-монтажных работ по грузоподъемности, высоте подъема и вылету (грузовая характеристика крана);
- обеспечение безопасных расстояний от сетей и воздушных линий электропередачи, а также безопасных расстояний приближения кранов к строениям и местам складирования строительных деталей и материалов;
- перечень применяемых грузозахватных приспособлений и графическое изображение (схема) строповки грузов;
- места и габариты складирования грузов, подъездные пути и т.д..

Разработка ППРк является достаточно сложным и ответственным процессом, требующим от разработчиков знаний не только требований по безопасному выполнению строительно-монтажных работ, но и знаний по безопасной эксплуатации подъемных сооружений, грузозахватных приспособлений, технических характеристик применяемых грузоподъемных кранов.

Как известно, в связи с изменениями внесенными в правила проведения экспертизы промышленной безопасности, с 1 января 2014 года ППРк не подвергаются экспертизе промышленной безопасности. Поэтому основная ответственность, вплоть до уголовной, ложится на разработчика ППРк, ведь причиной аварии, инцидента или несчастного случая могут послужить, допущенные им, ошибки, просчеты,

отсутствие или недостаток необходимой информации в ППРк.

Большинство представленных с 2003 года по 2013 год на экспертизу промышленной безопасности проектов ППРк выполнены с учетом РД-11-06-2007 «Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ».

Но, как правило, при реализации ППРк в реальных условиях строительно-монтажной или погрузочно-разгрузочной площадки, производителями работ допускаются следующие нарушения:

- некачественная подготовка основания рабочих стоянок крана;
- ошибка привязки рабочих стоянок крана;
- использование крана с характеристиками заведомо ниже, указанных в ППРк;
- перемещение грузов, превышающих допустимые габариты и массу, не предусмотренных ППРк;
- сокращение рабочих стоянок (перестановок) крана за счет использования крана с максимальными вылетами;
- нарушение правил совместной работы 2-х или нескольких кранов;
- проведение работ в неблагоприятных погодных условиях – ветер более 15м/с, низкие температуры до -400С.

В вышеуказанных случаях краны используются на пределе возможностей, что приводит - в лучшем случае, к преждевременному износу подъемного оборудования крановой установки, в худшем – к повышенной аварийности с неизбежными поломками, деформациями, разрушениями с рисками нанесения ущерба или угрозы здоровью.

В конечном итоге оборудование крановой установки выходит из строя и, даже после качественного ремонта, его эксплуатационный ресурс значительно



снижается. Разработчикам необходимо уделять внимание расчетам на устойчивость от опрокидывания в каждом ППРк, исключать шаблонность подхода к обстановке на строительной или монтажной площадке.

При расчете желательно учитывать техническое состояние крановой установки, оснащённость крана необходимыми приборами безопасности, а в случаях работы в стесненных условиях – системой координатной защиты. Работоспособность приборов и устройств безопасности особенно актуальна в случаях использования кранов с достаточно интенсивным использованием. Ведь, при наличии люфтов в шарнирных соединениях и

сопряжениях секций стрелы, в опорно-поворотном устройстве, деформаций, изменяющих геометрию стрелы, логично предположить, что кран может потерять устойчивость и в расчетной ситуации, так как имеют место не учтенные дополнительные опрокидывающие моменты.

Таким образом, правильно составленный ППРк и адекватные действия производителя работ позволяют не только выполнить поставленную задачу с соблюдением требований безопасности, но и сохранить грузоподъемное оборудование в работоспособном состоянии, не сокращая при этом эксплуатационный ресурс крана в целом.

Литература

1. «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12 ноября 2013 г. N 533.
2. РД-11-06-2007 «Методические рекомендации о порядке разработки производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ».
3. РД 22-145-85*(93*) Краны стреловые самоходные. Нормы расчета устойчивости против опрокидывания.
4. РД НИИ Краностроения-05-07 (Методические рекомендации. Краны стреловые самоходные. Нормы расчета устойчивости против опрокидывания (взамен РД 22-145-93).



ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

УДК 621.316.7

Колодко В.Н.	Эксперт ООО «Евросервис»
Демченко С.В.	Эксперт ООО «Евросервис»
Налимова С.В.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Данилов С.А.	Эксперт ООО «Евросервис»
Карпова С.А.	Эксперт ООО «Зауральский инженерный центр»
Беляев Г.С.	Директор по науке и технике ООО «Промтехэкспертиза»

29.12.2015

Аннотация. В статье рассмотрено одно из направлений повышения энергоэффективности подъемно-транспортного оборудования за счет применения частотно-регулируемых редукторных и безредукторных электроприводов.

Энергоэффективность и энергосбережение является одним из наиболее приоритетных направлений технологического развития России.

В настоящее время в Российской Федерации введены в действие несколько нормативно-правовых актов, регламентирующих требования к энергопотребляющему оборудованию, к которому безусловно относятся все типы подъемно-транспортных машин и механизмов, включая грузо-подъемные краны, лифты и эскалаторы. Основными нормативными актами в сфере регулирования вопросов эффективности использования энергоресурсов являются: Федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», «Энергетическая стратегия на период до 2030 года» и Государственная программа «Энергосбережения и повышения

энергетической эффективности на период до 2020 года».

Федеральный закон «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» достаточно серьезно стимулирует, отечественных, как потребителей энергоресурсов, так и производителей машин и оборудования, на создание и применение высокотехнологичных конкурентноспособных производств и внедрение инноваций в сфере энергосберегающих технологий.

Уровень энергопотребления является одним из главных оценочных критериев для современного оборудования. В полной мере это относится и к подъемно-транспортному оборудованию, в том числе и к машинам вертикального транспорта – лифтам.

Затраты на эксплуатацию лифтов составляют значительную часть расходов организаций эксплуатирующих, многоэтажные здания, как в сфере жилой, так и коммерческой недвижимости.

Учитывая регулярный рост тарифов на электрическую энергию, вопросы использования энергосберегающих технологий, при монтаже, замене и реконструкции лифтов приобретают весьма злободневный характер.

Если ещё пару десятков лет назад применение энергосберегающих лифтов относилось к области высокотехнологичных и экзотических решений, то сегодня использование энергоэффективного вертикального транспорта, является обязательным требованием при замене и модернизации лифтов. Согласно требованию пункта 2 приложения к приказу Минэкономразвития России №88 от 9.03.2011г. «О требованиях энергетической эффективности в отношении товаров, для которых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти определены классы энергетической эффективности», с 1 января 2012г. поставляемые для государственных и муниципальных нужд товары, для которых утверждены классы энергетической эффективности, должны иметь энергетическую эффективность не ниже класса «А».

Энергоэффективность лифтов делится на классы. А – самый высокий класс с низким энергопотреблением, G – самый низкий класс с высоким энергопотреблением. Класс энергоэффективности лифтов определяется расчетами, выполненными в соответствии с требованиями ГОСТ Р 54764-2011. «Лифты и эскалаторы. Энергетическая эффективность». В расчётах учитываются сведения об энергии, потребляемой лифтом, как в режиме ожидания, так и движения. Лифты, производимые на территории Российской Федерации, а также импортируемые в Российскую

Федерацию, в прилагаемой к ним технической документации, должны содержать в своей маркировке информацию о классе их энергетической эффективности.

Энергоэффективные технологии в лифтостроении подразумевают использование светодиодного освещения в шахте лифта и в его кабине, дверей с синхронным магнитным двигателем, планетарных редукторов, интеллектуальных систем управления лифтом в режиме ожидания. Последние позволяют автоматически отключать привод во время так называемого рабочего простоя кабины (когда лифт для перевозки пассажиров или грузов не используется). Системы контроля обеспечивают и мгновенное начало работы оборудования при необходимости. Энергосберегающие лифты запускаются в течение нескольких секунд. Пробный цикл работы при этом не проводится.

Но основной эффект в энергосбережении в лифтовой сфере может получен при усовершенствовании системы управления электроприводом переменного тока лифта (лебедки).

С учетом того, что в целом ряде муниципальных образований российской Федерации развернуты программы по замене и модернизации лифтов, обострилась конкурентная борьба между производителями лифтов за поставку и монтаж оборудования в рамках этих программ и вопросы соответствия лифтов критериям энергоэффективности стали носить не только технический, но и коммерческий характер

Как правило, при замене лифтового оборудования, используются существующие строительные конструкции зданий (шахта лифта, направляющие лифта, помещение

машинного отделения, приемок). Очевидно, что шахта и машинное помещение рассчитаны на установку оборудования стандартной компоновки, а в качестве замены, обычно, выбирается наиболее подходящий по габаритам и характеристикам лифт-«близнец» с классической редукторной лебедкой в современном исполнении.

Сложности размещения оборудования в существующих габаритах помещений, не редко отодвигают на второй план вопросы энергоэффективности. Тем не менее, энергоэффективность привода механизма подъема, как основного потребителя электроэнергии, может быть реализовано за счет комплектации лифта частотно-регулируемым безредукторным приводом (лебедкой), которая позволяет существенно (до 25-30%) снижать энергозатраты в режимах замедления и обеспечивать высокую комфортность поездки.

Лифтовое оборудование с классом энергоэффективности «А» на российском рынке появилось сравнительно недавно и в промышленных масштабах освоено недостаточно. Основой его является безредукторный частотно-регулируемый электропривод. Основные характеристики некоторых редукторных и безредукторных лифтовых приводов приведены в таблице 1.

На данный момент времени для реализации программы повышения энергоэффективности отечественным производителям приходится комплектовать стандартные модели лифтов безредукторными электроприводами зарубежного производства, что неизбежно приводит к удорожанию комплекта оборудования. К

сожалению, единственным отечественным производителем безредукторных приводов на данный момент является концерн «РУСЭЛПРОМ» – в 2008 году он сертифицировал безредукторный привод и получил разрешение на его применение на территории РФ, а в первом квартале 2009 года приступил к серийному выпуску безредукторных лифтовых приводов типа КИАТ-ЛПП. В конструкции такого привода используются два самостоятельных устройства – асинхронный электродвигатель и частотный преобразователь, что делает его практически универсальным и позволяет использовать в любых устройствах с электроприводом.

Еще в 2005 году, в своей диссертации кандидат технических наук Попов Е.В., более 10 лет занимавшийся в отделе электропривода Специального Конструкторского-Технологического Бюро Башенного Краностроения (СКТБ БК) разработкой и наладкой кранового электрооборудования, отмечал, что парк грузоподъемных кранов в России технически и морально устарел, электропривод массовых отечественных кранов базируется на основе асинхронного двигателя с фазным ротором при реостатном управлении от силовых контроллеров или простейших релейно-контакторных схем, в перспективе, наиболее предпочтительным является применение на грузоподъемных кранах электропривода по системе преобразователь частоты – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором (ПЧ-ДД). Результаты исследований были использованы в Федеральном Государственном Унитарном Предприятии «СКТБ Башенного Краностроения» при проектировании



и модернизации крановых электроприводов с импульсно-ключевым управлением и по системам ТПН-АД (тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель) и ПЧ-АД (преобразователь частоты – асинхронный двигатель), позволяющим наряду с регулированием скорости и момента, в энергосберегающем режиме экономить до 15-20% электроэнергии. Разработанные электроприводы успешно эксплуатировались в течение

ряда лет и показали высокую надежность и эффективность заложенных при проектировании конструктивных решений, что вселяет надежду на их серийное производство. При наличии современных компактных частотных преобразователей, способных управлять нагрузками в широком диапазоне мощностей (0-500 кВт и более) и напряжений (0-1000v) перспективы развития в этом направлении очевидны.

Табл. 1. Сравнительные характеристики лифтовых приводов различных производителей.

Производитель	Грузоподъемность	Скорость	Технические данные				Габариты			Эксплуат. характеристики				
			Мощность эл. двигателя	Ток номинал.	Ток	Уровень шума	Вес	Объем (LxВxН)	Макс. число пусков в час	Точность остановки	Главный ход кабины	Воз-сть беспереб. пит.		
													кВт	А
РУСЭЛПРОМ	630	1,0	3,8	14,97	27	54	450	0,06	200	•	•	•		
Щербинка-Отис			5	20	60	60	520	0,64	150	-	-	-		
Уралтрансаш			8,5	22	62	65	700	1,15	150	-	-	-		
Sicor (Италия)			11	22	66	65	550	1,81	150	-	-	-		
Masruarsa (Испания)			7	19	58	65	383	1,26	150	-	-	-		
GETM (Китай)			4,3	11	22	60	320	0,12	240					
Копе (Финляндия)			3,4	6	10	54	200	0,05	200					
Sigma-LG (Корея)			7,5	20	60	55	350	0,40	150					
КМЗ			5,9	22	66	65	520	2,20	150					
Wittenstein (Германия)			5,4	12	27	55	130	0,06	200					
МЛМ (Беларусь)			5,9	20	60	62	570	0,60	160					
Wittur (Германия)			4,3	16	36	55	126	0,05	200					
РУСЭЛПРОМ			630	1,6	7,6	21	32	54	450	0,06	200			
Щербинка-Отис					10	22	66	60	540	0,64	150			
Montanari (Италия)					8,5	21	38	65	495	0,60	150			
GETM (Китай)	7,5	17			33	62	340	0,12	240					
Копе (Финляндия)	4,3	12			20	54	230	0,05	200					
Sigma-LG (Корея)	9,5	22			62	55	370	0,40	150					
Wittenstein (Германия)	5,4	18			41	55	150	0,06	200					
МЛМ (Беларусь)	8,5	22			66	62	590	0,60	160	-				
Wittur (Германия)	5,9	20			33	55	144	0,05	200	•				

Примечание: безредукторные лебедки выделены жирным шрифтом.

В заключение хочется отметить, что переход на частотное управление электроприводами подъемно-транспортного оборудова-

ния обеспечивает следующие преимущества:



- плавное бесступенчатое регулирование скорости механизмов во всем диапазоне;
- контролируемый плавный разгон и торможение двигателей, что приводит к существенному повышению надежности механического и электрического оборудования, увеличению срока его службы, повышению комфорта управления;
- высокое качество регулирования скорости горизонтального и вертикального перемещений при использовании современных алгоритмов векторного управления;
- повышение коэффициента мощности почти до единицы, так как современные преобразователи частоты практически не потребляют реактивной энергии;
- экономию электроэнергии, связанную с переходом на энергетически эффективное управление и отказом от параметрического управления, а также с уменьшением потерь энергии в пусковых режимах;
- бесконтактное управление исполнительными механизмами, обеспечивающее повышение надежности электрооборудования; широкие возможности программной настройки параметров работы механизмов, контроля работы, диагностики неисправностей.

Литература

1. Федеральный закон N 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23 ноября 2009г.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. N 1715-р
3. Государственная программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». Распоряжение Правительства РФ от 27.12.2010 N 2446-р (ред. от 16.02.2013).
4. Модернизация крановых асинхронных электроприводов с использованием полупроводниковых преобразователей : Диссертация. КТН Попов Е. В. 2005г.
5. Информация сайта Российского электротехнического концерна «РУСЭЛПРОМ» <http://www.ruselprom.ru>
6. ГОСТ Р 54764-2011. Лифты и эскалаторы. Энергетическая эффективность.



МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА АГНКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ ТОКСИ+RISK

УДК 621.64

Белышев В.Н.	Технический директор ООО «Протос Экспертиза»
Тукачёв А.В.	Главный инженер ООО «Протос Экспертиза»
Титов А.А.	Начальник отдела экспертиз технических устройств ООО «Протос Экспертиза»
Ефремова А.А.	Начальник отдела разработки и экспертизы документации ООО «Протос Экспертиза»
Барминова О.М.	Начальник отдела декларирования и оценки рисков Центрального филиала ООО «Промтехэкспертиза»

В настоящее время, в качестве альтернативы автомобильным заправкам на жидком топливе, активно развивается строительство и эксплуатация автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) – станций, на которых осуществляют заправку автомобильного транспорта компримированным природным газом (КПГ) [1].

Одной из причин развития АГНКС является доступность природного газа в качестве топлива – природный газ к АГНКС подается по газопроводам давлением до 1,2 МПа, после чего давление газа на АГНКС доводится до 25 МПа с помощью компрессорной установки, что позволяет заполнить газовые баллоны автомобилей.

Основная опасность АГНКС обусловлена взрывопожароопасными свойствами обращающихся на ней опасных веществ. Наличие КПГ, находящегося под давлением, создает опасность возникновения взрыва и возгорания в случае:

- разгерметизации оборудования;
- утечки топлива;

- наличия источника инициирования взрыва и возгорания.

При утечке топлива создается опасность образования взрывоопасных концентраций газо-воздушной смеси, что при наличии источника инициирования взрыва может обусловить взрыв газовой смеси и создать условия для дальнейшего развития аварии по принципу «домино».

Оборудование АГНКС можно разделить на два основных вида:

- основное (компрессорное и сосуды под давлением);
- вспомогательное (оборудование для охлаждения и сепарации газа, заправочные колонки, трубопроводы и арматура).

В оборудовании и газопроводах АГНКС газ находится под давлением. Повышение давления, происшедшее на одном участке блока оборудования, распространяется на весь блок оборудования и может привести к его разгерметизации.

В компрессорном оборудовании, сосудах, газопроводах при нормальном технологическом режиме воздух отсутствует. Поэтому взрывы и



воспламенение газовоздушных смесей возможны только в случае разгерметизации технологической системы и выхода газа в окружающее пространство.

В зависимости от характера разгерметизации, погодных и других условий аварии могут развиваться в виде зон загазованности, взрывов, огненных шаров.

Для случаев разгерметизации оборудования и газопроводов с выбросом газа на открытую территорию АГНКС возможны:

- формирование взрывоопасных зон (зон загазованности), попадание горючего облака внутрь помещения (например, через приточную вентиляцию), что при наличии там электрооборудования во взрывонезащищенном исполнении может привести к взрыву и разрушению помещения;
- взрывы воздушных облаков;
- возникновение огненного шара.

Горение газовоздушного облака может послужить иницирующим импульсом для возникновения пожаров на территории станции. При попадании горючего облака внутрь помещения и последующем взрыве возможны повреждения и разрушения помещений и зданий, повреждение находящегося в них оборудования, не исключено развитие аварии по эффекту «домино».

Наиболее опасными моментами при эксплуатации оборудования являются остановка и запуск технологического оборудования, что осуществляется периодически. При осуществлении пуска или остановки в аппаратах одновременно могут изменяться все основные параметры технологического процесса (температура, давление), производится заполнение или опорожнение аппаратов, их разгерметизация и другие операции. В связи с этим, в периоды пуска и

остановки вероятность образования горючей среды как внутри технологического оборудования, так и снаружи значительно повышается.

Одной из распространенных причин повреждения технологического оборудования является образование повышенного давления внутри аппарата, которое может привести к разрушению стенок аппарата, выдавливанию прокладок, и как следствие – потери герметичности. Это может произойти в результате несоответствия между подачей веществ в аппарат и их расходом, перепадами температуры и т.д.

Взрывы и возгорания внутри технологического оборудования в таких установках, как правило, возможны лишь при ошибках при подготовке аппаратов к ремонту и/или вводу их в эксплуатацию после ремонта.

К поражающим факторам при авариях на АГНКС относятся:

- избыточное давления на фронте падающей ударной волны при взрывах;
- тепловое излучение при образовании огненных шаров;
- воздействие токсичных продуктов горения.

В качестве примера произведен расчет зон действия поражающий факторов для самых опасных аварийных ситуаций на АГНКС:

- взрыв газовоздушной смеси при разгерметизации аккумулятора газа;
- образование огненного шара при разгерметизации аккумулятора газа.

Аккумуляторы газа предназначены для хранения КПП с рабочим давлением до 25 МПа. Они служат для сглаживания неравномерности потребления газа при заправке автомобилей и создания запаса КПП.

В качестве примера возьмем аккумулятор газа, представляющий собой

объединенный блок баллонов из 6 штук, объемом в 650 литров каждый.

Для моделирования последствий аварий на АГНКС был использован программный комплекс ТОКСИ+Risk, разработанный ЗАО «НТЦ ПБ». Программный комплекс ТОКСИ+Risk позволяет оценивать и визуализировать на плане зоны воздействия основных поражающих факторов аварий с участием опасных веществ, а также предназначен для проведения количественной оценки показателей промышленного и пожарного риска [2]. Программный комплекс ТОКСИ+Risk версии 4.3 содержит модуль «Огненный шар», который используется для расчета зон поражения тепловым излучением сгорания огненных шаров. Модуль позволяет определить размер зон поражающих факторов по следующим методикам:

- ГОСТ Р 12.3.047-98;
- методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (ПО), 2009 года;
- методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (ПО), 2010 года.

Для работы с модулем, необходимо выбрать методику расчета, массу огнеопасного вещества и высоту центра огненного шара. В качестве примера произведен расчет по методике определения величин пожарного риска на ПО 2010 года. Масса огнеопасного вещества принята за массу КПП в одном 650 литровом баллоне, высота центра огненного шара 1 метр. Результаты расчета зон поражения при возникновении огненного шара приведены на рисунке 1.

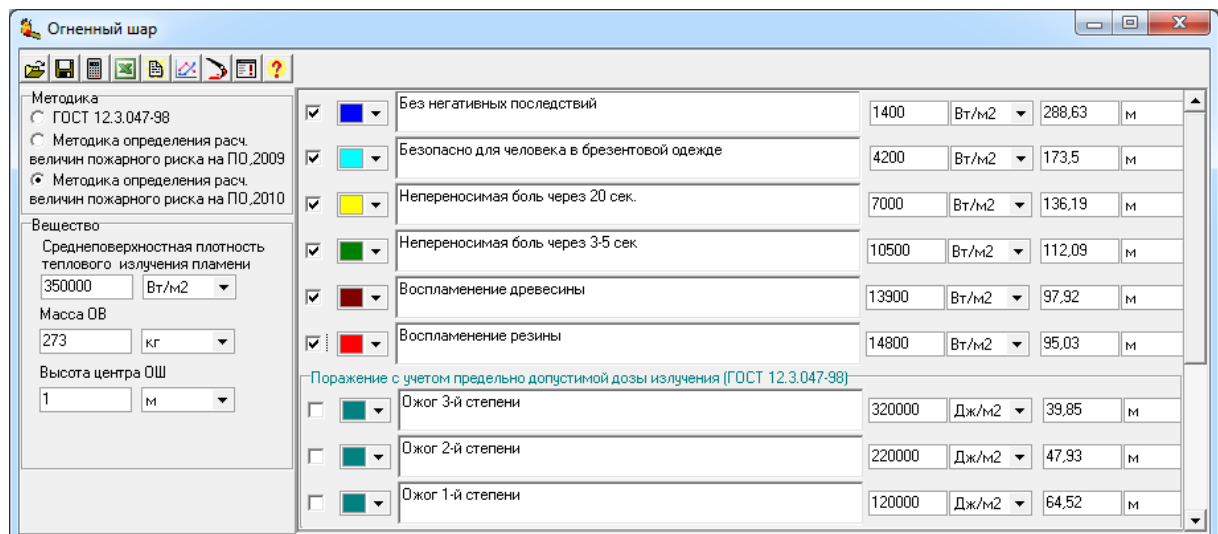


Рис. 1. Результат расчета зон поражения при возникновении огненного шара.

Также, программный комплекс ТОКСИ+Risk версии 4.3 содержит модуль «Взрыв топливно-воздушной смеси», который используется для расчета зон поражения избыточным давлением на фронте падающей волны при взрыве. Модуль позволяет определить:

- размер зон поражающих факторов давления-импульса по методике РД 03-409-01;
- размер зон избыточного давления по методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах и по руководству по оценке пожарного риска 2006 года.

- Для работы с модулем необходимо выбрать:
- взрывоопасное вещество (при выборе вещества автоматически заполняются поля удельной теплоты сгорания, стехиометрической концентрации и класса чувствительности для данного вещества);
- агрегатное состояние вещества;
- температуру окружающей среды;
- концентрацию горючего в смеси;
- массу горючего в смеси.

В качестве примера произведен расчет по двум нормативным документам:

- методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах;
- руководству по оценке пожарного риска 2006 года.

Масса горючего принята за массу КПП в одном 650 литровом баллоне, температура окружающей среды 20°C, концентрация горючего смеси принята за стехиометрическую, скорость фронта пламени определяется программой, облако топливоздушная смеси образуется у поверхности земли. Результаты расчета зон поражения при взрыве топливно-воздушной смеси приведены на рисунке 2.

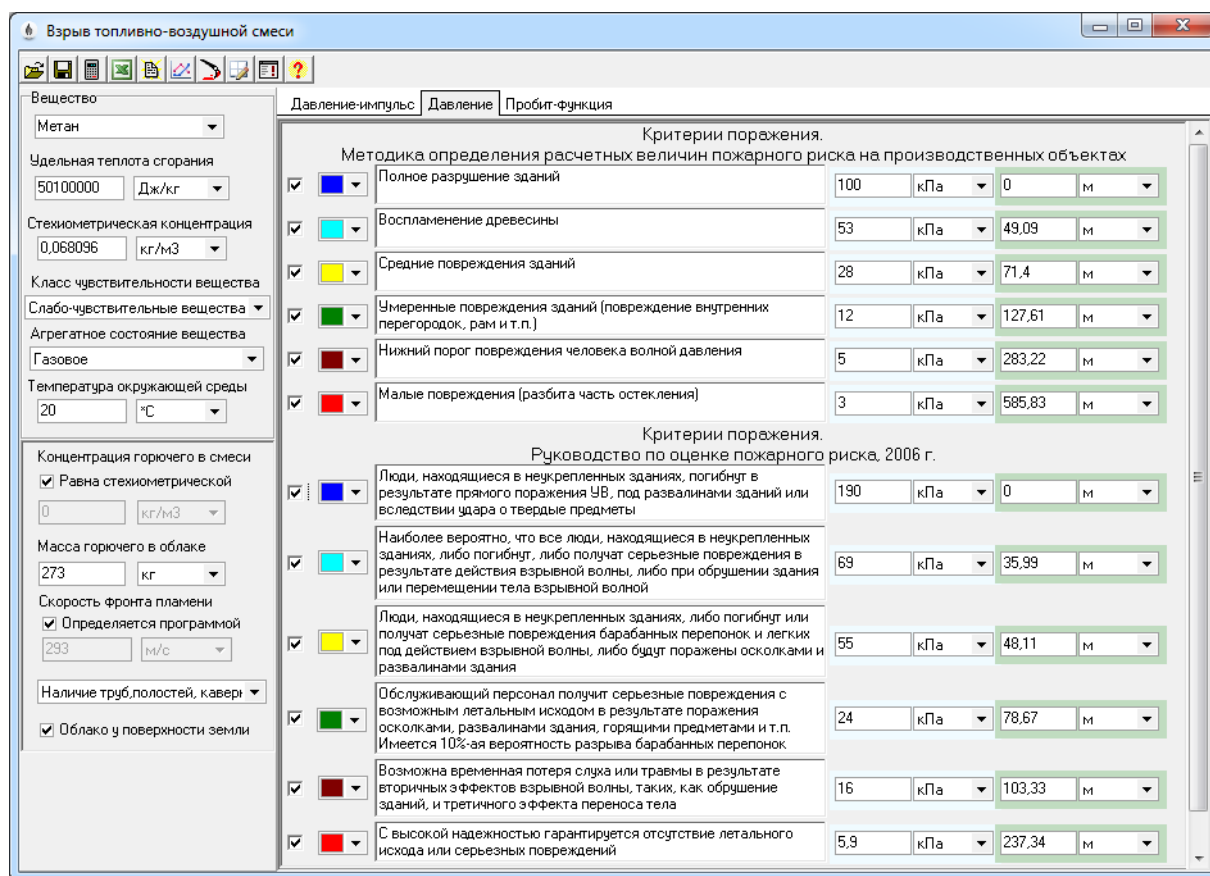


Рис. 2. Результат расчета зон поражения при взрыве топливно-воздушной смеси.

Программный комплекс ТОКСИ+Risk по получившимся расчетам позволяет построить на выбранной пользователем подложке зоны поражения тепловым излучением и избыточным давлением.

На основе полученных расчетов построена схема зон поражения тепловым излучением при образовании огненного шара по методике определения величин пожарного риска на ПО 2010 года. Схема поражения тепловым

излучением при образовании огненного шара представлена на рисунке 3.

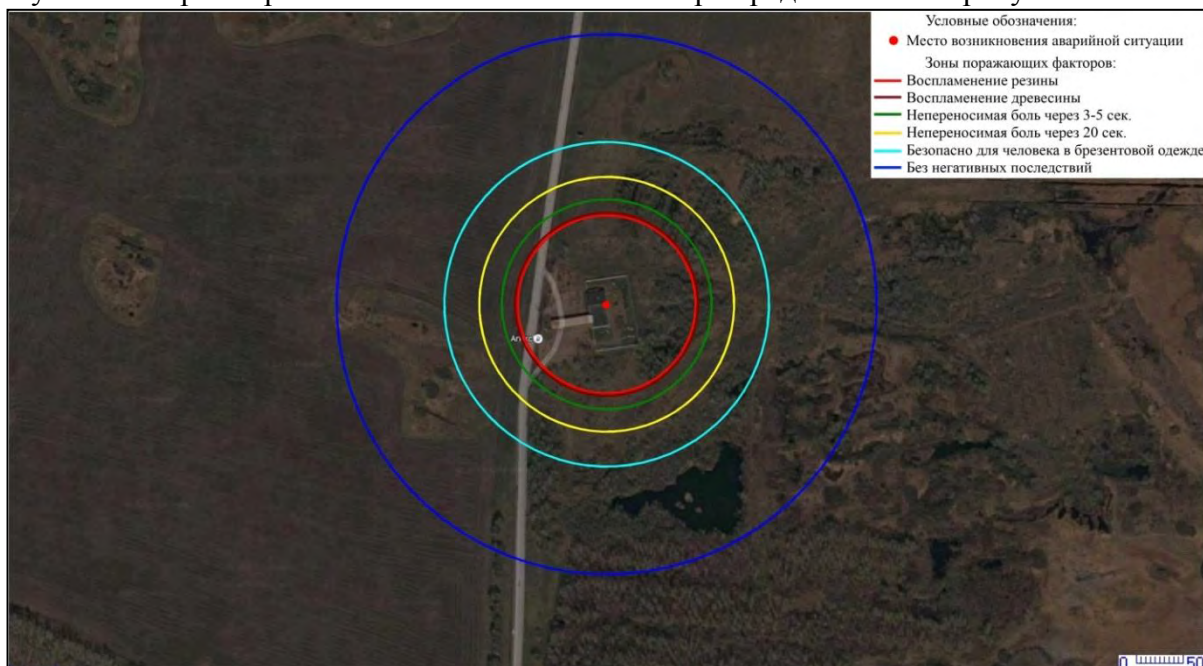


Рис. 3. Схема поражения тепловым излучением при образовании огненного шара.

Также построены две схемы зон поражения избыточным давлением: по методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, представленная на рисунке 4 и по руководству по оценке пожарного риска 2006 года, представленная на рисунке 5.



Рис. 4. Схема поражения избыточным давлением построенная по методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах.

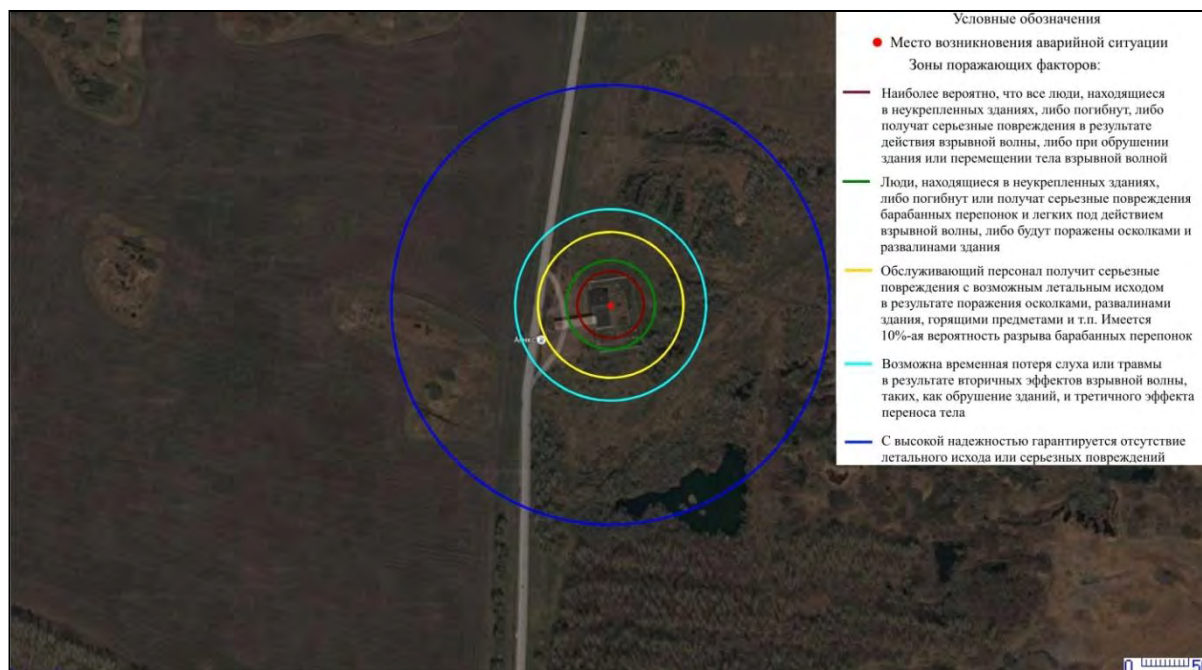


Рис. 5. Схема поражения избыточным давлением построенная по руководству по оценке пожарного риска 2006 года.

При образовании огненного шара, зона, в которой можно находиться без негативных последствий находится на расстоянии от центра огненного шара в 288,63 метров.

По методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах при взрыве топливно-воздушной смеси зона нижнего порога повреждения человека волной давления находится на расстоянии от места взрыва в 283,22 метра.

По руководству по оценке пожарного риска 2006 года при взрыве топливно-воздушной смеси зона, где с высокой надежностью гарантируется

отсутствие летального исхода или серьезных повреждений находится на расстоянии от места взрыва в 237,34 метра.

Использование модулей «Огненный шар» и «Взрыв топливно-воздушной смеси» программного комплекса ТОКСИ+Risk позволяет смоделировать последствия аварий на АГНКС и построить схему поражения тепловым излучением и избыточным давлением. Программный комплекс ТОКСИ+Risk позволяет провести анализ опасностей на АГНКС и оценить риски связанные с проектированием АГНКС в районе обширной застройки.

Литература

1. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2014 г. № 559 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности автогазозаправочных станций газомоторного топлива».
2. Методическое пособие по расчету последствий возможных аварий и оценке риска на опасных производственных объектах с использованием программного комплекса Токсик+Risk / Колл. авт. – 2-е изд., испр. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. – 326 с.



3. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утверждено Приказом Ростехнадзора от 20.04.2015 N 159).
4. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утверждено Приказом Ростехнадзора от 20.04.2015 N 159).
5. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».