

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров»

УДК 622.691.23-025.71-034.14-047.44

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б6А	Рубаха А.И.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Саруев А.Л.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Клемашева Е.И.	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев М.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н.		

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ БАКАЛАВРИАТА

21.03.01 Нефтегазовое дело

Планируемые результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат освоения ООП (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС ВО, критериев АИОР и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-1, УК(У)-2, УК(У)-3, УК(У)-6, УК(У)-7, ОПК(У)-1, ОПК(У)-2)</i>
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-4, УК(У)-5, УК(У)-8, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6)</i>
P3	Осуществлять и корректировать технологические процессы при эксплуатации и обслуживании оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-1, ПК(У)-2, ПК(У)-3, ПК(У)-6, ПК(У)-7, ПК(У)-8, ПК(У)-10, ПК(У)-11)</i>
P4	Выполнять работы по контролю промышленной безопасности при проведении технологических процессов нефтегазового производства и применять принципы рационального использования природных ресурсов а также защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-4, ПК(У)-5, ПК(У)-9, ПК(У)-12, ПК(У)-13, ПК(У)-14, ПК(У)-15)</i>
P5	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-4, ПК(У)-23, ПК(У)-24)</i>
P6	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-2, ОПК(У)-3, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-25, ПК(У)-26)</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат освоения ООП (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС ВО, критериев АИОР и/или заинтересованных сторон</i>
P7	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-4, ОПК(У)-5, ПК(У)-9, ПК(У)-14), требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>
P8	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН.	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-9, ПК(У)-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
P9	Владеть методами и средствами для выполнения работ по техническому обслуживанию, ремонту, диагностическому обследованию оборудования, установок и систем НППС.	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-6, ОПК(У)-7, ПК(У)-4, ПК(У)-7, ПК(У)-13), требования профессионального стандарта 19.055 "Специалист по эксплуатации нефтепродуктоперекачивающей станции магистрального трубопровода нефти и нефтепродуктов".</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП ОНД ИШПР

_____ Брусник О.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту

Группа	ФИО
3-2Б6А	Рубаха Алексею Ивановичу

Тема работы

«Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС 20000 кубических метров»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 36-77/С от 05.02.2021 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Техническое задание 1

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Резервуар вертикальный стальной типа РВС 20000 кубических метров</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1) Анализ основных параметров, характеризующих надежность резервуара; 2) Изучение видов дефектов при эксплуатации резервуаров; 3) Виды и методы диагностирования резервуаров вертикальных стальных.</p>
--	--

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Клемашева Елена Игоревна
«Социальная ответственность»	Гуляев Милий Всеволодович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2021 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Саруев А.Л.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б6А	Рубаха А.И.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б6А	Рубаха Алексей Иванович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 405294 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 56347,9 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Устанавливаются в соответствии с заданным уровнем нормы оплат труда: 30 % премии к заработной плате 20 % надбавки за профессиональное мастерство 1,3 - районный коэффициент для расчета заработной платы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды – 30,2% Ставка налога на прибыль 20 % Налог на добавленную стоимость 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Проведение финансовой и ресурсной эффективности

Перечень графического материала:

1. Карта сегментирования рынка услуг	
2. Матрица SWOT	
3. График проведения НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

05.02.2021 г.

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Клемашева Елена Игоревна	канд.экон.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б6А	Рубаха Алексей Иванович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б6А	Рубаха Алексей Иванович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров. Область применения: диагностическое обследование резервуаров вертикальных стальных позволяет на базе полученной информации оценить их техническое состояние и принять упреждающие меры для повышения эксплуатационной надежности.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность:	1) Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. 2) Проанализировать вредные производственные факторы, выявленные при диагностировании РВС в следующей последовательности: - повышенный уровень шума; - высокая загазованность воздушной среды; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - превышение уровней вибрации; 3) Проанализировать опасные факторы, выявленные при диагностировании РВС: - электрический ток; - взрывоопасность и пожароопасность; - трубопроводы и оборудование под давлением 4) Выводы на соответствие допустимым условиям труда согласно специальной оценке условий труда
3. Экологическая безопасность:	- анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу. - решение по обеспечению экологической безопасности.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> - Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - Выбор наиболее типичной ЧС; - Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. - Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
---	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	05.02.2021 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б6А	Рубаха Алексей Иванович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Уровень образования бакалавриат
 Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020/2021 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения бакалаврской работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) /вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.02.2021 г.	<i>Получение задания</i>	10
23.02.2021 г.	<i>Анализ основных параметров, характеризующих надежность резервуара</i>	15
12.03.2021 г.	<i>Рассмотрения видов и методов диагностирования резервуаров вертикальных стальных</i>	15
27.03.2021 г.	<i>Расчетная часть</i>	10
15.04.2021 г.	<i>Финансовый менеджмент</i>	10
25.04.2021 г.	<i>Социальная ответственность</i>	10
29.04.2021 г.	<i>Заключение</i>	10
11.05.2021 г.	<i>Презентация</i>	20
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Саруев А.Л.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н.		

Оглавление

Реферат	13
Abstract	14
Термины и сокращения	15
Введение.....	20
1 Общая часть.....	22
1.1 Литературный обзор по специфике и технологическим особенностям резервуаров.....	22
1.2 Надежность резервуара типа РВС.....	25
2 Дефекты, влияющие на эксплуатационную надежность резервуаров	28
2.1 Классификация дефектов.....	28
2.2 Эксплуатационные дефекты резервуара	31
2.2.1 Нарушение геометрической формы резервуара.....	31
2.2.1.1 Осадка резервуара.....	32
2.2.1.2 Потеря устойчивости резервуара	33
2.2.1.3 Прочие дефекты геометрической формы	34
2.2.2 Коррозионные повреждения	35
2.2.2.1 Коррозия сварных швов	37
2.2.2.2 Коррозия металлоконструкций	38
3 Мероприятия для повышения надежности резервуара.....	42
4 Виды и анализ существующих методов диагностики	43
4.1 Визуальный и измерительный контроль	43
4.2 Радиографический метод контроля	45
4.3 Акустический контроль	49
4.3.1 Ультразвуковая дефектоскопия и ультразвуковая толщинометрия	50
4.3.2 Акустико-эмиссионный метод контроля	56
4.4 Методы контроля проникающими веществами	62
4.4.1 Вакуумно – жидкостный метод (вакуумирование).....	62
4.4.2 Капиллярный метод контроля.....	63
4.5 Магнитопорошковый метод контроля.....	64

4.6	Токовихревой метод контроля	65
4.7	Геодезический контроль	67
4.8	Другие методы контроля и диагностики.....	72
4.8.1	Выявление дефектов и определение концентрации напряжений методом инфракрасной спектроскопии	72
4.8.2	Зондирование основания резервуара.....	72
4.8.3	Метод магнитной памяти металла.....	73
4.8.4	Механические испытания, химический анализ и металлографические исследования металла и сварных соединений.....	73
5	Обобщённые возможности методов неразрушающего контроля для выявления отдельных дефектов.	74
6	Техническое диагностирование резервуаров.....	76
6.1	Техническое диагностирование вертикальных цилиндрических стальных резервуаров.....	76
6.2	Диагностирование РВС 20000м3	79
7	Расчет резервуарных конструкций на прочность.....	80
7.1	Сведения об объекте исследования	80
7.2	Определение толщины стенки резервуара.....	81
7.3	Расчет на остаточную прочность стенки резервуара.....	84
7.4	Оценка ресурса стенки резервуара	87
8	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	89
8.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	89
8.2	Анализ конкурентных технических решений.....	90
8.3	Технология QuaD.....	92
8.4	1.4 SWOT-анализ	93
8.5	Планирование научно-исследовательских работ	96
8.5.1	Структура работ в рамках научного исследования	96
8.5.2	Определение трудоемкости выполнения работ	97
8.5.3	Разработка графика проведения научного исследования	98
8.6	Бюджет научно технического исследования	101

8.6.1	Расчет материальных затрат НТИ	101
8.6.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ).....	101
8.6.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	102
8.6.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	103
8.6.5	Отчисления во внебюджетные фонты (страховые отчисления).....	103
8.6.6	Накладные расходы.....	104
8.6.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского центра...	105
8.7	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	105
9	Социальная ответственность	109
9.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	109
9.2	Производственная безопасность	111
9.3	Анализ вредных и опасных производственных факторов и мероприятия по их устранению.....	112
9.4	Экологическая безопасность	117
9.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	119
	Заключение	121
	Список использованной литературы.....	122

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 125 страниц, 16 рисунков, 23 таблицы, 22 формулы, 39 источников.

Ключевые слова: Стальной резервуар, дефект, нормативный документ, диагностика.

Объектом исследований являются: методы и виды диагностирования резервуаров вертикальных стальных типа РВС 20000 м³.

Цель работ – рассмотреть основные виды и методы диагностики для исследуемого резервуара вертикального стального типа РВС 20000 м³

Задачи:

- ✓ Провести обзор нормативной документации по заданной теме
- ✓ Рассмотреть дефекты, возникающие в период изготовления, транспортировки, сборки и эксплуатации резервуара
- ✓ Проанализировать существующие виды и методы диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС
- ✓ Провести технологический расчёт объекта исследования

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были проведены: 1) литературный обзор о специфике резервуара, а так же о его характеристике. 2) Расчёт минимальной толщины стенки резервуара. 3) Расчёт на остаточную прочность стенки резервуара. 4) Оценка ресурса стенки резервуара

Практическая значимость: работа может быть использована для оценки состояния резервуаров вертикальных стальных и выбора метода, подходящего для его диагностирования.

Экономическая эффективность при диагностике резервуара составляет: около 60млн.руб

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			<i>Реферат</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					13	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

Abstract

Final qualifying work contains 141 p., 15 fig., 26 tab., 26 formulas., 38 sources.

Key words: Steel tank, defect, regulatory document, diagnostics.

The object of research is the methods and types of diagnosing tanks of vertical steeltypes RVS 20000 m3.

The purpose of the work - to offer diagnostic methods for the investigated RVS 20000 m3.

Tasks:

- ✓ Review regulatory documentation on a given topic.
- ✓ Consider defects arising during the manufacture, transportation, assembly and operation of the tank
- ✓ to Analyze the existing types and methods of diagnosis of vertical steel tanks type RVS
- ✓ To carry out the technological calculation of the object of study

In the course of the final qualifying work, the following calculations were made: 1) Calculation of the minimum thickness of the wall of the tank. 2) Calculation of the residual strength of the tank wall. 3) Tank wall resource assessment

The main design, technological and technical - operational characteristics: The technological calculation of the parameters of the tank type RVS, described the strength of the elements of the tank.

Practical significance: The work can be used to assess the state of vertical steel tanks and the choice of method suitable for its diagnosis.

Cost-effectiveness in tank diagnostics is: about 60 million rubles

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			<i>Abstract</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саргеев А.Л.</i>					14	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

Термины и сокращения

В работе использованы следующие термины с соответствующими определениями:

Авария - частичное или полное разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Дефект - неисправность, возникшая в конструкции на стадии ее изготовления, транспортировки, монтажа или эксплуатации.

Капитальный ремонт - комплекс мероприятий по восстановлению работоспособности и полному или близкому к полному восстановлению ресурса эксплуатации резервуара с заменой или усилением пришедших в негодность конструктивных элементов резервуара или их частей. На период проведения капитального ремонта резервуар выводится из эксплуатации и производится его полная зачистка и дегазация.

Инцидент - отказ или повреждение технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений нормативных правовых актов или нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ на опасном производственном объекте.

Наработка - продолжительность работы объекта, измеряемая в годах.

Нижние пояса стенки резервуара - при высоте стенки 9 м и ниже - два нижних пояса (шириной 1,5 м); при высоте стенки более 9 м до 12 м включительно - 3 нижних пояса; при высоте стенки более 12 м - 4 нижних пояса. Пояса стенки резервуара, расположенные выше указанных, обозначаются в тексте документа термином «**верхние пояса стенки**».

Остаточный ресурс - суммарная (прогнозируемая) наработка объекта

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			<i>Термины и сокращения</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					15	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние.

Отклонение - отличие фактического значения любого из параметров технического состояния от требований норм, проектной документации или требований обеспечения технологического процесса.

Отклонения недопустимые - отклонения, которые создают препятствия нормальной эксплуатации конструкции и требуют ее ремонта или вывода из эксплуатации.

Охрупчивание - повышение хрупкости металла в результате снижения пластических свойств вследствие старения, коррозии, понижения температуры или высокой скорости нагружения.

Повреждение - отклонение качества, формы и фактических размеров элемента конструкции от требований нормативных документов или проекта, возникшее в процессе эксплуатации.

Потеря устойчивости - скачкообразное изменение формы равновесия тонкостенного элемента конструкции, возникающее под действием сжимающих напряжений при превышении нагрузкой некоторого критического значения; потеря устойчивости выражается в возникновении заметных глазом деформаций, и часто сопровождающееся хлопком. Примеры потери устойчивости: 1) скачкообразное «схлопывание» стенки резервуара с образованием ромбовидных вмятин при возникновении критических сжимающих напряжений, вызванных недопустимо высокой снеговой нагрузкой; 2) «хлопуны» на днище резервуара, т.е. выпучины над пустотами, которые при надавливании скачкообразно, резко прогибаются вниз, как правило, с хлопком.

Предельное состояние - состояние резервуара, при котором исчерпывается установленный нормативными документами запас прочности, устойчивости, запас по малоцикловой усталости и т.д., гарантирующий ее нормальную работу. Эксплуатация конструкции, находящейся в предельном

					<i>Термины и сокращения</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

состоянии, может представлять угрозу для безопасности людей и окружающих сооружений.

Резервуар - ёмкость, предназначенная для хранения, приёма, откачки и измерения объёма нефти и нефтепродуктов.

Реконструкция - работы, выполняемые с целью внесения новых элементов (изменений) в конструкцию резервуара, непредусмотренных первоначальным проектом. (Примеры реконструкции: увеличение количества поясов стенки резервуара, оснащение резервуара понтоном).

Ремонт - комплекс мероприятий и работ по устранению дефектов и повреждений, выполняемых с целью приведения резервуара в работоспособное состояние. (Примеры ремонта: замена прокорродировавших листов стенки резервуара, подъем просевших крайков днища резервуара, устранение хлопунгов на днище).

Ресурс - срок безопасной эксплуатации резервуара (в годах) на допустимых параметрах от сдачи в эксплуатацию до перехода в предельное состояние.

Срок службы конструкции - продолжительность эксплуатации конструкции в календарных годах до перехода в предельное состояние.

Старение металлов - изменение свойств металлов, протекающее либо самопроизвольно при нормальных условиях (естественное старение), либо при нагреве (искусственное старение) и приводящее к изменению их прочности, твердости, пластичности и ударной вязкости.

Твердость - свойство материалов сопротивляться пластической деформации или хрупкому разрушению в поверхностном слое при местных контактных силовых воздействиях.

Текущий ремонт - комплекс мероприятий и работ по предохранению элементов резервуара от преждевременного износа, защиты конструкций и устранения повреждений без вывода резервуара из эксплуатации.

					<i>Термины и сокращения</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

Техническое диагностирование (по ГОСТ 20911-89) - определение технического состояния объекта.

Задачи технического диагностирования: 1) контроль технического состояния; 2) поиск места и определение причин отказа; 3) прогнозирование технического состояния.

Термин «техническое диагностирование» применяют в наименованиях и определениях понятий, когда основной задачей является поиск места и определение причин отказа.

Термин «контроль технического состояния» применяется, когда основной задачей технического диагностирования является определение вида технического состояния.

Трещиностойкость - способность конструкции сопротивляться хрупкому разрушению при наличии трещиноподобного дефекта.

Усиление - увеличение несущей способности или жесткости конструкции.

Усталость материалов - изменение механических и физических свойств материала под длительным действием циклически изменяющихся во времени напряжений и деформаций.

Устойчивость сооружения - способность сооружения противостоять усилиям, стремящимся вывести его из исходного состояния статического или динамического равновесия.

Хрупкость - способность твёрдых тел разрушаться при механических воздействиях без заметной пластической деформации (свойство, противоположное пластичности). Экспертиза промышленной безопасности - оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, результатом которой является заключение.

Экспертная организация - организация, имеющая лицензию Ростехнадзора на проведение экспертизы промышленной безопасности в соответствии с действующим законодательством.

					<i>Термины и сокращения</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

РВС – резервуар вертикальный стальной
 РВСП – резервуар со стационарной крышей и понтоном
 РВСПК – резервуар с плавающей крышей
 РФ – Российская Федерация
 ГОСТ – государственный стандарт
 СТО – стандарт организации
 РД – руководящий документ
 ЛВЖ – легко воспламеняющаяся жидкость
 ГО – газовая обвязка
 РП – резервуарный парк
 ТЗ – техническое задание
 КМД – конструкции металлические деталеровочные
 КМ – конструкции металлические
 ВСН – ведомственная норма
 ППР – проект производства работ
 АКЗ – антикоррозионная защита
 НДС – напряженно – деформированное состояние
 НЛС – наземное лазерное сканирование
 УЗТ – ультразвуковая толщинометрия

					<i>Термины и сокращения</i>	<i>Лист</i>
						19
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Введение

К сложным инженерно-техническим сооружениям трубопроводного транспорта углеводородов, относятся резервуары для хранения нефти или нефтепродуктов, которые обеспечивают ряд технологических операций.

Продукты, хранящиеся в резервуарах относятся к легковоспламеняющимся горючим веществам, что позволяет относить резервуары к пожаровзрывоопасным объектам. Опыт долговременной эксплуатации РВС демонстрирует, что в результате разного рода воздействий они считаются подверженными разрушениями с последующим возникновением аварийных и чрезвычайных ситуаций.

Проведение диагностики резервуаров на всех этапах, как строительства, так и эксплуатации, является неотъемлемой процедурой, что было неоднократно доказано большим количеством аварий и экологических катастроф, которые произошли с момента начала использования резервуаров для хранения опасных веществ.

При строительстве и эксплуатации резервуаров правильный выбор методов диагностирования, является основополагающим параметром, от которого непосредственно зависит их работоспособность и безопасность эксплуатации.

В настоящее время необходимость и сроки проведения технического диагностирования строго регламентированы стандартам по безопасности.

В тоже время в большинстве стандартов безопасности регламентируются только общие требования применительно к оценке соответствия и методам, применяемым при техническом диагностировании.

В данной работе был проведен анализ большинства существующих видов и методов диагностирования резервуаров вертикальных стальных типа

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			<i>Введение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					20	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

РВС и рассмотрены дефекты, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации резервуаров.

А так же поэтапно рассмотрен порядок проведения работ при диагностировании резервуаров

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
						21
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 Общая часть

1.1 Литературный обзор по специфике и технологическим особенностям резервуаров

Резервуар — вертикальная или же горизонтальная ёмкость, предназначенная для приёма, хранения, учёта (количественного и качественного) и выдачи продуктов.

Резервуары классифицируются по следующим признакам:

I По материалу:

- металлические;
- синтетические;
- железобетонные;
- горные
- земляные;
- ледогрунтовые;
- каменные.

II По отношению к поверхности земли:

- подземные;
- заглубленные;
- наземные.

III По величине избыточного давления:

- Резервуары атмосферные, у которых избыточное давление равно нулю (РВСП, РВСПК);
- Низкого давления. Это резервуары, у которых давление (избыточное) не более 2 КПа;

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			Общая часть	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саргев А.Л.</i>					22	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

- Резервуары, значение рабочего вакуумметрического давления у которых, не превышает 2,5 КПа, и зависит от вида хранимого продукта и конструкции резервуара (РВС);

- Высокого давления. Это резервуары, у которых давление (избыточное) превышает 70 кПа.

IV По технологическим операциям:

- резервуары для хранения маловязких нефтей и нефтепродуктов;
- резервуары для хранения высоковязких нефтей и нефтепродуктов;
- резервуары-отстойники;
- резервуары специальных конструкций для хранения нефтей и нефтепродуктов с высоким содержанием насыщенных паров.

V По конструкции:

- РВС со стационарными крышами, с плавающими крышами и с понтонами;
- РГС, шаровые, каплевидные, сферические;
- ЖБР могут быть выполнены из монолитного или сборного железобетона, по виду они бывают цилиндрические и прямоугольные в плане.

VI По классу опасности:

- 1 класс – резервуары, с объемом 50000 м³ и выше;
- 2 класс - резервуары, с объемом 20000 м³ - 50000 м³ и 10000 м³ - 50000 м³. При условии, что они расположены по берегам крупных водоемов и рек, либо в черте города;
- 3 класс – резервуары, с объемом 1000 м³ - 20000 м³;
- 4 класс – резервуары, объемом 1000 м³ и менее [1].

В зависимости от конструкции крыши, резервуар оснащается своим специальным оборудованием (таблица № 1).

					Общая часть	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1 - Оснащение резервуаров				
Наименование оборудования	РВС	РВСП	РВСПК	РГС
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
дыхательный клапан	+	+	+	+
предохранительный клапан	+	+	+	
вентиляционные патрубки		+	+	+
окончание таблицы 1				
огневой предохранитель	+	+	+	+
люк замерный	+	+	+	+
патрубок замерного люка				+
люк-лаз	+	+	+	
дополнительные люки-лазы на 2 и 3 поясе для спуска на понтон		+		
люк световой	+	+	+	
приемо-раздаточное устройство	+	+	+	+
сифонный кран	+	+	+	
устройство «Диоген»	+	+	+	
лестница стационарная	+	+	+	+
лестница катуная			+	
лестница для спуска внутрь резервуара				+

Помимо специального оборудования, для обеспечения надежности, долговечности и безопасности, резервуар оборудуют вспомогательными системами и системами КИПиА.

Резервуары для нефти и нефтепродуктов, так же оснащаются:

- измерителями уровня жидкости в резервуаре (местным и дистанционным);
- сигнализаторами максимального оперативного уровня жидкости в резервуаре;
- сигнализатором аварийного уровня жидкости в резервуаре;
- дистанционным измерителем средней температуры жидкости в резервуаре;
- измерителями температуры жидкости (местным и дистанционным) в районе ПРП в резервуаре, снабженного устройством для подогрева жидкости;
- пожарными извещателями автоматического действия и средствами включения системы пожаротушения;
- дистанционным сигнализатором загазованности над плавающей крышей;
- сниженным пробоотборником;
- сигнализатором верхнего положения понтона;
- датчиком утечек
-

1.2 Надежность резервуара типа РВС.

Актуальной проблемой в текущее время в нефтегазовой промышленности является проблема повышения надежности вертикальных стальных резервуаров для хранения нефти или нефтепродуктов.

Под понятием надежность резервуара понимается - свойство его конструкции выполнять заданные функции: прием, хранение и отбор из него нефти или нефтепродуктов, при заданных параметрах. К параметрам резервуара относятся: уровень заполнения резервуара, плотность, температура и вязкость хранимого продукта, скорость закачки нефти и отбора хранимого продукта, обрачиваемость резервуара.

					Общая часть	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Одной из важнейших задач проектирования, строительства, а так же эксплуатации является - обеспечение надежности резервуарных конструкций. В период функционирования металлоконструкции различают проектную и эксплуатационную надежность.

Надежность металлоконструкции главным образом зависит от факторов: технологических и эксплуатационных. Надежность резервуара так же определяется вероятностью выполнения данных функций, т.е. по возможности в определенное время (в период межремонта) принять в резервуар на хранение определенное количество нефти, с сохранением во времени установленных значений эксплуатационных характеристик (уровень заполнения, избыточное давление, вакуум и пр.).

Критериями, характеризующими, эксплуатационную надежность резервуаров являются:

Под понятием работоспособность резервуара понимается – это состояние, при котором резервуар, без отклонений рабочих параметров, способен выполнять заданные функции, установленные требованиями технической документации. Методы сооружения и эксплуатации, уровень внешних воздействий, допустимые отклонения параметров все это предусматривается технической документацией. Отказ – это событие, в нарушении работоспособности резервуара.

Под отказом понимается - параметрический отказ, который приводит к выходу его характеристик, установленных требованиями технических показателей, за допускаемые пределы.

Ремонтопригодность элементов резервуаров – это приспособленность элементов металлоконструкции к предупреждению или же обнаружению неисправности, а так же их ремонта и этап обслуживания до появления отказа. Издержки труда, времени и средств на работы по ремонту определяют - ремонтпригодность.

					Общая часть	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Под понятием безотказность работы резервуара понимается — свойство резервуара, а так же его основных элементов сохранять работоспособность без принудительных перерывов в работе. Основным показателем безотказности конструкции является вероятность безотказной работы $P(t)$ (коэффициент надежности) — вероятность того, что в заданном интервале времени $t=T$ не возникнет отказа конструкции. Коэффициент надежности — это количественный показатель надежности (критерий прочности, выносливости и устойчивости).

Долговечность металлоконструкции и его элементов – это, свойство конструкции сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Основным показателем долговечности конструкции является ресурс или же срок службы.

Качественная и своевременная оценка технического состояния, резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов, а также ликвидация обнаруженных дефектов, позволяет повысить их надежность в период эксплуатации резервуаров. На основании комплексной проверки резервуара, включающей в себя проверку качества металла, дефектоскопию сварных соединений, контроль толщины стенок отдельных элементов, можно получить данную оценку.

					Общая часть	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 Дефекты, влияющие на эксплуатационную надежность резервуаров

2.1 Классификация дефектов

Под *дефектом* понимается – отдельное несоответствие (любое) нормативным документам, а именно сварные швы, основной металл конструкции, геометрические формы металлоконструкции, а также конструктивные и соединительные детали, приварные элементы, которые не соответствуют требованиям нормативных документов.

В элементах конструкции резервуаров, встречаются дефекты, которые делятся на группы:

Металлургические – появившиеся при изготовлении проката.

Монтажные – это дефекты, появившиеся в процессе монтажа (смещение конструкции, повреждение при монтаже и неправильное соединение элементов).

Заводские – дефекты, образовавшиеся при производстве рулонных или других заготовок перед дальнейшей транспортировкой.

Транспортные – дефекты, образовавшиеся при перевозке заготовок до строительного места.

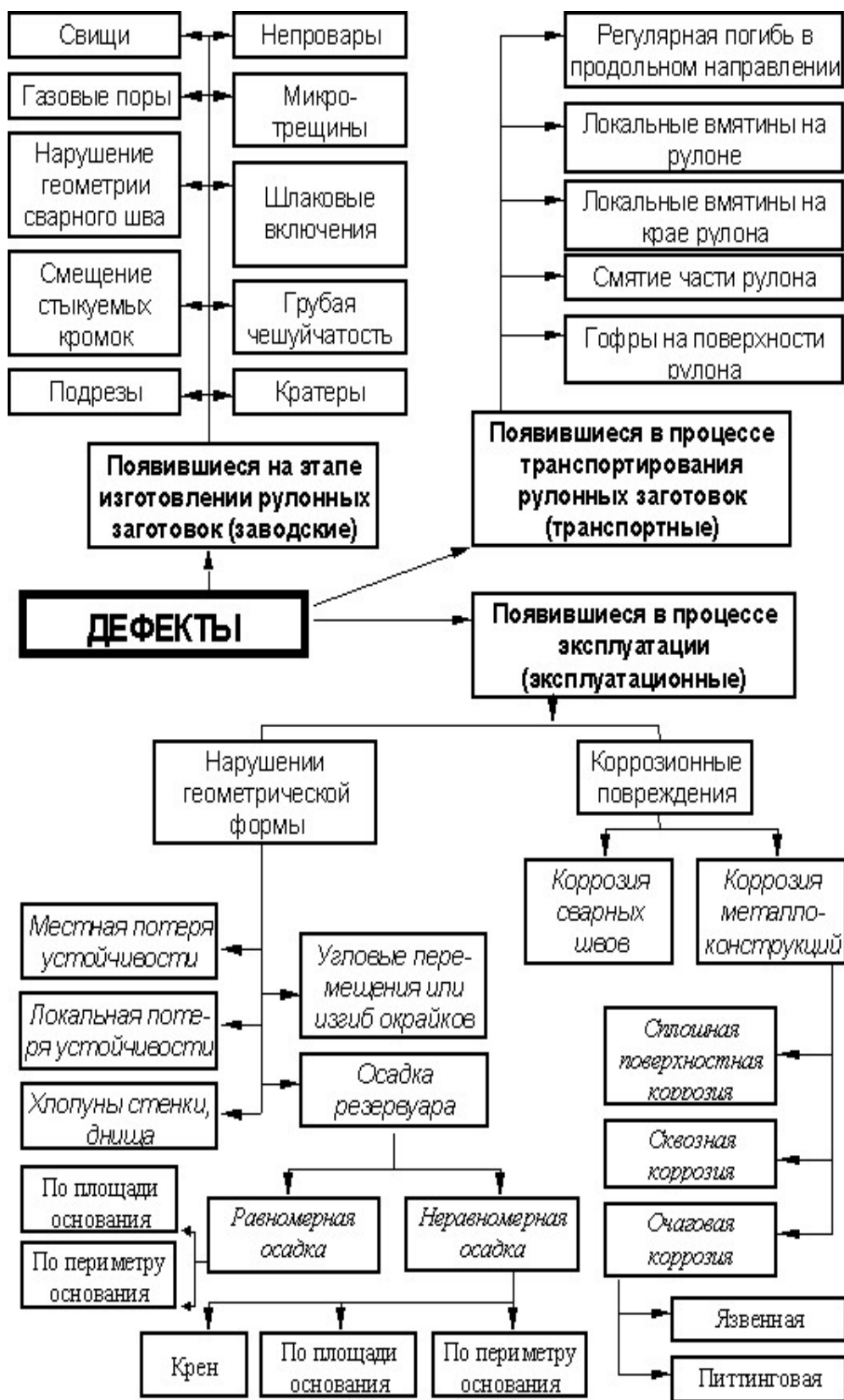
Проектные – появившиеся из-за несовершенств проекта;

Эксплуатационные — возникшие в процессе эксплуатации резервуара (изменение физико-механических свойств материала, механические и коррозионные повреждения, изменение геометрии).

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					28	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						



Рис. 1. Классификация дефектов



Продолжение рис. 1 Классификация дефектов

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

2.2 Эксплуатационные дефекты резервуара

Дефекты, возникшие на этапе изготовления, монтажа и эксплуатации металлоконструкции, или же вследствие коррозионного воздействия, а так же осадки оснований резервуаров, вибрации и температурных воздействий, оказывают особое воздействие на эксплуатационную надежность резервуаров.

Образование коррозия, вибрации, температурных воздействия и осадки оснований так же влияют на надежность резервуара. Представленные факторы нарушают проектное состояние резервуара, тем самым способствуют, сокращению срок службы металлоконструкции и появлению дефектов.

В работе рассмотрим более подробно, эксплуатационные дефекты, которые наиболее характерны для вертикальных стальных резервуаров.

Эксплуатационные дефекты — это дефекты, появившиеся в процессе эксплуатации резервуара. Эксплуатационные дефекты делятся на группы:

- *нарушение геометрической формы резервуара;*
- *коррозионные повреждения.*

2.2.1 Нарушение геометрической формы резервуара

Нарушение формы геометрии чаще всего по причине некачественной подготовки основания, под действием вакуума, вибраций, переполнений, неравномерной просадки днища, в процессе эксплуатации, происходит изменение геометрической формы резервуара. Предельные отклонения от горизонтали наружного контура днища эксплуатируемых металлоконструкций, могут увеличиваться, если: - эксплуатационный срок 5 лет и более - в 1,3 раза; - эксплуатационный срок 20 лет и более - в 2 раза. Резервуары, которые эксплуатировались уже более 15 лет, для них допускаются отклонения от горизонтали в 2 раза большие, в отличии, чем для новых конструкций.

					Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

2.2.1.1 Осадка резервуара

Контроль состояния осадки резервуара, необходим для предотвращения повреждения металлоконструкции в процессе эксплуатации. Контроль проводят путем нивелирования крайки по наружному диаметру резервуара.

За осадкой основания каждого вертикального резервуара должен быть установлен систематический контроль. У вновь сооруженных резервуаров в первые четыре года эксплуатации (до стабилизации осадка) необходимо каждый год проводить нивелирование в абсолютных отметках крайки днища (верх нижнего пояса резервуара контролируется в восьми точках, и не реже чем через 6 м). Не реже одного раза в 5 лет после стабилизации основания, необходимо проводить контрольное нивелирование.

При нивелировании крайки днища одновременно обязательно должны нивелироваться фундамент лестницы и фундаменты запорной арматуры приемных технологических трубопроводов.

Стабилизация осадки основания резервуара формируется в первые четыре года эксплуатации металлоконструкции. За это время для незаполненного резервуара объемом от 2000 до 20000 м³, отклонения от горизонтальности наружного контура днища, не должны превышать ± 40 мм. А для диаметрально противоположных точек ± 80 мм. При заполнении резервуара, отклонения не должны превышать ± 50 мм - для двух соседних точек, а для диаметрально противоположных точек - 100 мм.

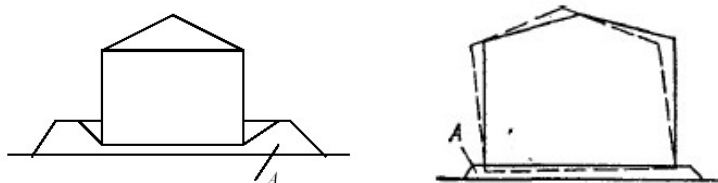


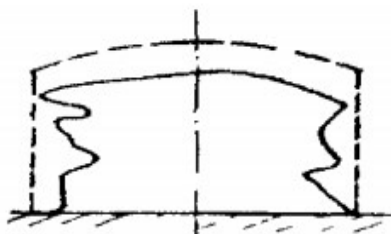
Рис. 2 Равномерная и не равномерная осадка резервуара

					Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

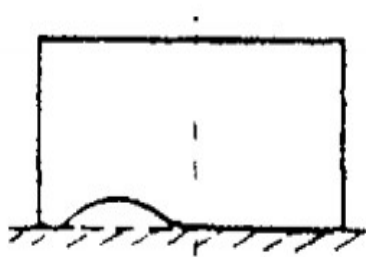
2.2.1.2 Потеря устойчивости резервуара

Устойчивость - способность тонкостенной конструкции, в частности тонкостенной цилиндрической оболочки, сохранять устойчивую форму равновесия при действии сжимающих напряжений. Сжимающие напряжения в стенке резервуара возникают от действия веса крыши, веса снега, аварийного вакуума, ветра и др. При превышении сжимающими напряжениями критических значений может произойти скачкообразное изменение формы равновесия резервуара (потеря устойчивости), как правило, сопровождающееся хлопком. Потеря устойчивости цилиндрической оболочки – переход от симметричной (цилиндрической) формы к несимметричной форме равновесия, выражающийся в появлении на стенке резервуара, как правило, заметных глазом волнообразных выпучен и вмятин, распространяющихся как в окружном, так и в осевом направлении.

Различают общую и местную потери устойчивости.



Общая потеря устойчивости резервуара



Местная потеря устойчивости резервуара

Рис. 3 Местная и Общая потеря устойчивости резервуара

Во избежание аварийных ситуаций для опорожнено резервуара проверяют устойчивость стенки на совместное воздействие осевого сжатия параллельно образующей, а так же сжатия от внешнего равномерного давления нормального к боковой поверхности стенки резервуара.

Для резервуаров типа РВСП и РВС, для определения внешнего равномерного давления используют значение вакуума и ветровой нагрузки.

					Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Показатель номинальной толщины стенки для надлежащих поясов резервуара, на основании расчетов должен выполняться. Если условие устойчивости не выполняется, то показатели толщин должны быть увеличены до выполнения условия.

2.2.1.3 Прочие дефекты геометрической формы

К дефектам геометрической формы, помимо потери устойчивости и осадки основания или фундамента резервуара, можно отнести выпучины, хлопуну и вмятины стенки и днища.

Хлопун (вмятина) - локальная деформация поверхности конструкции резервуара.

Вследствие неправильной последовательности сварки листовых конструкций, слишком большого тепловложения (чрезмерной погонной энергии) могут появляться хлопуну днища

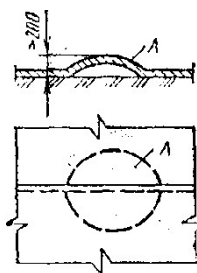


Рис. 4 Выпучина или хлопун с плавным переходом на днище резервуара.

К полному разрушению металлоконструкций резервуаров, могут привести трещиновидные дефекты, которые для резервуаров наиболее опасные.

Трещиновидные дефекты в большинстве случаев расположены в сварных швах. К ним относятся непровары, цепочки пор, трещины, шлаковые включения, подрезы и т.д. Основными неисправностями стальных вертикальных резервуаров являются:

- Дефекты стенки резервуара;
- Дефекты сварных швов резервуара;
- Дефекты днища резервуара.

					Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

2.2.2 Коррозионные повреждения

Коррозия составляет 30% основных дефектов РВС. При причине коррозионного повреждения выходит из строя нефтегазовое оборудование.

Длительная эксплуатация резервуаров отображает, степень коррозионных повреждений элементов конструкций - неодинакова. Наиболее интенсивно повреждаются нижние пояса и уторные уголки резервуаров, а также внутренние поверхности днищ. Прежде всего, это происходит по причине контакта элементов конструкций с подтоварными водами. Помимо этого так же коррозионной активностью и качеством хранимого в резервуаре нефтепродукта. Коррозия проявляется в виде пятен, очагов или язв. Процесс коррозии элементов носит неравномерный характер.

Коррозия в первую очередь уменьшает срок службы резервуара и его оборудования, а также сказывается на безопасности металлоконструкции при ее эксплуатации.

Коррозионное влияние является одним из главных факторов внешней среды, которое оказывает негативное влияние на прочностные свойства сварных соединений и металлов.

К наиболее распространенным средам, проявляющими коррозионное воздействие, на металлоконструкции являются:

- *разные химические среды в производстве;*
- *вода и водные растворы солей и щелочей;*
- *влажный воздух.*

Процесс, при протекании которого, происходит разрушение металлов, по причине электрохимического или химического воздействий окружающей среды, называется коррозией.

Химическая коррозия – это образование соединений в средах, которые не проводят электрический ток (прямое соединение металла с агрессивными составляющими среды).

					Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Электрохимическая коррозия – это электрохимическое взаимодействие с электролитическими проводящими средами, проводящее к произвольному разрушению металла. Среда, при которой происходит ионизация атомов металла (анодная реакция), а так же восстановление оксидного компонента коррозионной среды (катодная реакция) проходят не в одном акте.

Формы коррозионных разрушений:

Общая – охватывает всю или практически всю поверхность, находящуюся во взаимодействии с агрессивной средой.

Сплошная равномерная коррозия по всей поверхности протекает примерно с одинаковой скоростью.

Сплошная неравномерная коррозия на различных участках поверхности протекает с разной скоростью.

Местная – охватывает некоторые части поверхности участка.

Структурно-избирательную – один из элементов сплава разрушается, а другие остаются практически в неизменном виде.

Пятнами – диаметр пятна меньше глубины коррозии.

Язвами - диаметр пятна соответствует глубине коррозии.

Точечная (питтинговая) – отдельные точки диаметром 0,1-2 мм распространяющиеся вглубь металла.

Подповерхностная – распространяется под поверхность металла, когда защитное покрытие разрушено на отдельных участках металла и продукт коррозии сосредоточен внутри металла под покрытием.

Межкристаллитная – распространяется по границам кристаллов металла приводящий к избирательному разрушению. Сопровождается потерей прочности в основном без изменения внешнего вида.

Сквозная – сквозное разрушение металла.

					Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36



Рис. 5 Виды коррозий

2.2.2.1 Коррозия сварных швов

Качеством сварных швов определяется прочность и долговечность резервуара, как сварной конструкции. 22% от основных дефектов резервуаров составляют – дефекты сварных швов. При помощи дефектоскопии можно определить дефекты сварных швов резервуара. К обнаруженным дефектам можно отнести: несплавления; отпотины; неправильные размеры шва; непровары; соединение листов стенки резервуара, расположенных горизонтально и вертикально; подрезы; а так же смещение кромок.

На несущую способность металлоконструкции, оказывают максимальное влияние непровары уторного соединения стенки резервуара с днищем, которые размещены с внутренней стороны резервуара.

Ряд дефектов монтажа резервуаров связан с нарушениями, допущенными при сборке резервуара под сварку. Дефект, называемый «угловатостью монтажных швов» в основном встречается в стенках резервуара, выполненного из рулонных заготовок. Вертикальные трещины малоциклового усталости, формируются в швах, под воздействием переменных нагрузок, вызванных заполнением-опорожнением резервуара.

					Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Повышение влияния дефектов на надежность сварного соединения увеличивается, при долгой работе металлоконструкции в нагруженном состоянии, а так же при понижении температуры эксплуатации и усилении образования коррозии. При концентрации напряжений конструкции и под действием коррозии, при длительной эксплуатации резервуара, дефекты сварных швов могут приобрести опасные размеры [4].

Общая коррозия может быть равномерной в границах всего сварного соединения, включая и основной металл. Это происходит, когда процесс сварки оказывает слабое влияние на коррозионную стойкость. Равномерная коррозия основного металла отмечается, если металл шва более стойкий, нежели чем основной металл, и при этом отрицательное влияние отсутствует. Коррозия будет сосредоточена в сварном шве, если он менее устойчив, по сравнению с основным металлом. В отношении общей коррозии, слабыми участками могут быть, зоны термического влияния, в которых будет сосредоточена коррозия. Основным опасным видом разрушения для металлоконструкции является скопление общей коррозии в околошовной зоне или на шве, это свидетельствует об отрицательном влиянии процесса сварки.

Как для некоторых соединений легированных сталей, так и для цветных металлов, характерны **местные виды коррозии**. По причине нарушения целостности поверхностной пленки металлов, при нагреве во время сварки, может возникать точечная коррозия.

2.2.2.2 Коррозия металлоконструкций

Утончение листов металла элементов металлоконструкций, а так же появление сквозных отверстий, являются результатом прогрессирующего коррозионного повреждения в процессе эксплуатации. Уменьшение толщины стенки резервуара, приводит к его разупрочнению и тем самым нуждается в восстановлении. Одним из браковочных параметров металлоконструкции в целом или отдельных элементов его конструкции является максимально

					Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

допустимый износ стенок, крыш, несущих конструкций, днищ резервуара. Величина которых, определена в нормативной документации.

После длительной эксплуатации резервуара, 15–20 лет и более, наступает период изнашивания основных элементов их конструкции. Из практики эксплуатации резервуаров видно, то, что степень коррозионных повреждений элементов металлоконструкций неодинакова. Таким образом, наиболее интенсивно повреждаются нижние пояса, внутренняя поверхность днища, а так же уторные уголки резервуаров. Прежде всего, это обусловлено: контактом элементов металлоконструкций с подтоварными водами, так же коррозионная активность и качество хранимого в резервуаре нефтепродукта

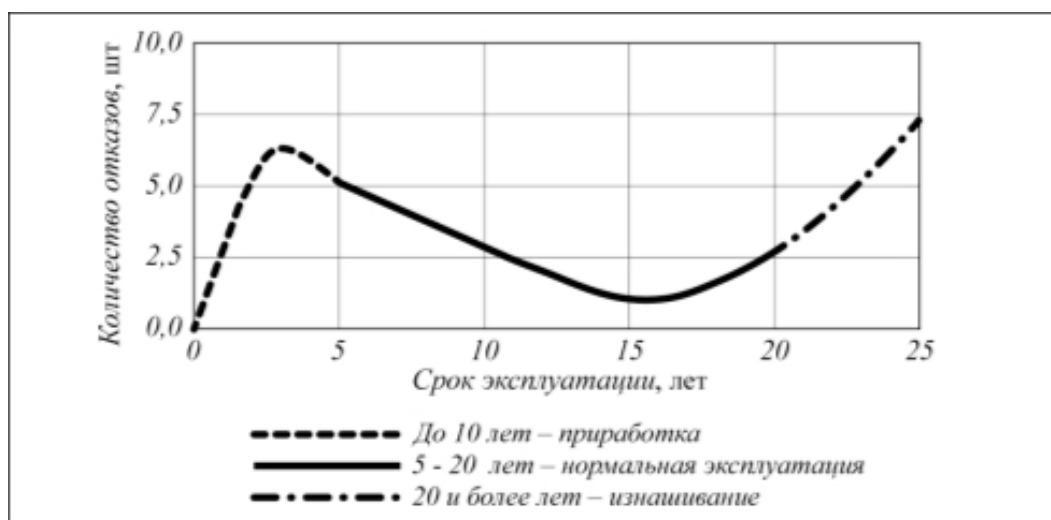


Рис. 6 Распределение отказов резервуара в процессе эксплуатации

В процессе длительной эксплуатации резервуаров и резервуарного оборудования, встречаются разные виды коррозионных повреждений и коррозии:

- **Общая или сплошная** поверхностная коррозия – Это коррозия, находящаяся под влиянием коррозионной среды, которая охватывает всю поверхность металла;

Разрушение сплавов под действием щелочей, кислот, атмосферы и металлов, относится к сплошной коррозии. Сплошная коррозия может быть Для равномерной коррозии характерно, разрушение металла с одинаковой

скоростью по всей поверхности, а для неравномерной – когда, скорость коррозии на отдельных участках поверхности неодинакова. (Рис. №7)



Рис. 7 Сплошная коррозия металла

• **Сквозная коррозия** - это местная коррозия, при которой происходит разрушение металла насквозь (в виде свищей). (Рис. № 8)



Рис. 8 сквозная коррозия металла

• **Очаговая коррозия** – к этой коррозии относится питтинговая и язвенная коррозии.

Язвенная коррозия - это коррозия, как правило, развивается на отдельных участках, на которых происходит разрушение поверхности, таким образом, что площадь пораженной поверхности, превышает ее глубину (Рис. № 9). Язвенная коррозия, так же может привести к образованию свищей.

					Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Местами образования язвенной коррозии, как правило, являются на участки разрушенной изоляции, или же внешняя сторона трубы под слоем изоляции.

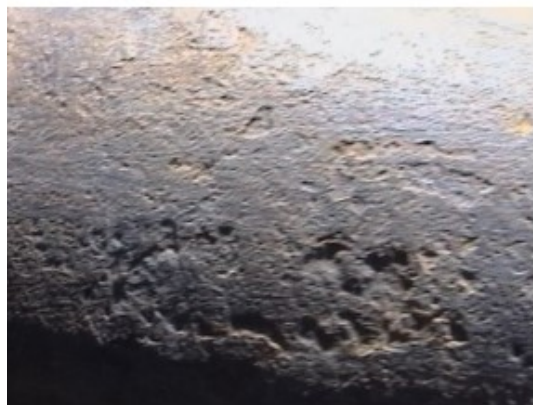


Рис. 9 Язвенная коррозия металла

Питтинговая (точечная) коррозия - вид локального разрушения, при котором глубина пораженного участка несоизмеримо велика по сравнению с его площадью. (Рис. №10)



Рис. № 10 Питтинговая коррозия металла

Питтинговая коррозия развивается на запассивированных участках при локальном нарушении пассивного состояния. Иногда ее можно обнаружить на днище резервуаров, которое покрыто карбонатным отложением. Конструкции, выполненные из нержавеющей стали, более подвержены образованию питтинговой коррозии.

					Дефекты, влияющие на эксплуатационную способность резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

3 Мероприятия для повышения надежности резервуара

Для повышения надежности и срока эксплуатации РВС необходимо своевременно проводить диагностирование, выявлять дефекты, проводить текущий и капитальный ремонты металлоконструкции, что позволит исключить дефекты, возникающие под влиянием технологических и эксплуатационных факторов и выход резервуаров из строя.

При эксплуатации резервуаров возникают вышеперечисленные эксплуатационные дефекты, которые в свою снижают надежность конструкции.

Проводят определенные мероприятия для сокращения или предотвращения возникновения дефектов на резервуарах. К таким мероприятиям относят:

- Диагностику и остаточный ресурс резервуара;
- НДС резервуара;
- Определяют срок службы резервуара;
- Ремонтно-профилактические работы;
- Расчет металлоконструкции на прочность и устойчивость.

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			Мероприятия для повышения надежности резервуара	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					42	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

4 Виды и анализ существующих методов диагностики

4.1 Визуальный и измерительный контроль

Визуальный и измерительный контроль – используется на всех этапах жизненного цикла резервуара. Позволяет определять дефекты геометрии несущих и ограждающих конструкций, дефектов основных элементов металлоконструкций и сварных соединений.

Данный вид контроля предшествует всем видам и методам технической диагностики и позволяет обнаруживать только дефекты находящиеся и выходящие на поверхность.

Этот вид контроля отличается от других видов неразрушающего контроля границами спектральной области электромагнитного излучения, используемого для получения информации об объекте контроля. Видимое излучение (свет) излучение, которое может непосредственно вызывать зрительное ощущение. И действительно, визуальный контроль – это единственный вид НК, который может выполняться и часто выполняется без какого либо оборудования и проводится с использованием простейших измерительных средств.

Ввиду того, что некоторые технические средства визуального и измерительного контроля доступны каждому, а сама процедура контроля кажется, достаточно простой, предполагают, что любое обсуждение этого метода может быть простым и быстрым. Фактически же визуальный и измерительный контроль является таким же современным сложным видом контроля, как радиационный и ультразвуковой.

Для эффективного выявления дефектов специалисты по любому виду НК должны уметь выбрать подход, разработать методику проведения испытания и создать необходимые приспособления.

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			<i>Виды и анализ существующих методов диагностики</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					43	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

Кроме того, эти специалисты должны соответствующим образом подготовить технический персонал для проведения требуемого испытания и обработки его результатов [1].

При визуальном и измерительном контроле для оценки размеров и форм дефектов используют всевозможные средства измерений позволяющие проводить контроль с заданной точностью.

Средство измерений – это техническое средство, предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящие и (или) хранящие единицу физической величины, размер которой принимается неизменным в пределах установленной погрешности в течение известного интервала времени.

Различают несколько видов измерений:

Прямое измерение – это измерение, при котором значение измеряемой величины определяют непосредственно по результату измерения, например, измерение глубины линейкой, глубиномера, штангенциркуля ШЦ-1;

Косвенное измерение – это измерение, при котором искомое значение величины определяют пересчетом результатов прямых измерений величин, связанных с искомой величиной известной зависимостью;

Контактное измерение – это измерение, при котором воспринимающее устройство средства измерений имеет механический контакт с поверхностью объекта, например, измерение с помощью штангенциркуля, микрометра, индикатора и т.д.

Бесконтактное измерение - это измерение, при котором воспринимающее устройство средства измерений не имеет механического контакта с поверхностью измеряемого объекта, например, измерение элементов резьбы с помощью микрометрического микроскопа.[2]

Требования к проведению визуального контроля приведены в Инструкции по визуальному и измерительному контролю РД 03-606-03.

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Данная Инструкция устанавливает порядок проведения визуального и измерительного контроля основного материала и сварных соединений (наплавки) при изготовлении, строительстве, монтаже, ремонте, реконструкции, эксплуатации, техническом диагностировании (освидетельствовании) технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах, подконтрольных Госгортехнадзору России.

Визуальный и измерительный контроль материала (полуфабрикатов, заготовок, деталей) и сварных соединений проводят на следующих стадиях:

входного контроля;

изготовления деталей, сборочных единиц и изделий;

подготовки деталей и сборочных единиц к сборке;

подготовки деталей и сборочных единиц к сварке;

сборки деталей и сборочных единиц под сварку;

процесса сварки;

контроля готовых сварных соединений и наплавки;

исправления дефектных участков в материале и сварных соединениях (наплавках);

оценки состояния материала и сварных соединений в процессе эксплуатации технических устройств и сооружений, в том числе по истечении установленного срока их эксплуатации.

4.2 Радиографический метод контроля

Радиографический метод – метод основан на получении на радиографической пленке видимого (теневого) изображения внутренней структуры объекта, просвечиваемого ионизирующего излучения.

Метод применяется при контроле качества сварных соединений при строительстве, ремонте и реконструкции резервуаров.

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Данный метод контроля требует обязательного двустороннего доступа к контролируемому изделию.

Общие требования при радиографическом контроле регламентированы ГОСТ 7512-82[7].

Задачей радиографического метода контроля является обнаружение имеющихся в них дефектов типа: несплошностей металла – трещин, непроваров, газовых пор, раковин, и т.п. и инородных включений – шлаковых, вольфрамовых и других, отличающихся по плотности от основного металла.

В общем случае схема радиографического контроля следующая: источник создает поток ионизирующего излучения, который, проходя через контролируемый объект, по – разному ослабляется в дефектных и бездефектных сечениях объекта. На пленку под дефектными и бездефектными сечениями объекта попадает различное количество излучения, в результате чего дефекты металла (несплошности, включения, отличающиеся по плотности от основного металла контролируемого объекта) отображаются на пленке после ее фотообработки в виде локальных изменений оптической плотности (темных и светлых пятен и полос, отражающих форму дефекта), наблюдаемых при просмотре пленки снимков на фонаре негатоскопе.

В технической диагностике используют коротковолновое электромагнитное ионизирующее излучение – поток электромагнитных квантов высокой энергии, к нему относятся: рентгеновское излучение, получаемое в рентгеновских трубках при торможении на аноде трубки электронов, ускоренных до энергии свыше 1 кэВ, гамма – излучение, испускаемое при радиоактивном распаде ядер атомом в ядерных реакциях (энергия квантов свыше 10 кэВ) и тормозимое излучение ускорителей электронов (энергия свыше 1 МэВ).

					<i>Виды и анализ существующих методов диагностики</i>	<i>Лист</i>
						46
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Все виды используемого в дефектоскопии излучения для краткости называют R - γ -излучение или просто излучение.

В радиографии в качестве источников проникающего излучения используют рентгеновские аппараты, гамма-дефектоскопы и ускорители электронов.

Рентгеновские аппараты – служат для получения рентгеновского излучения с заданной энергией и интенсивностью. Основными составляющими рентгеновского аппарата являются рентгеновская трубка с защитным кожухом, генератор высокого напряжения, питающий рентгеновскую трубку и аппаратура управления.

По конструктивному исполнению рентгеновские аппараты подразделяются на кабельные (передвижные), у которых рентгеновская трубка и генератор высокого напряжения находятся в отдельных корпусах и соединены высоковольтными кабелями и моноблочные (переносные), у которых рентгеновская трубка и генератор высокого напряжения находятся в одном корпусе.

Радиоизотопные источники гамма-излучения – дефектоскопы с радиоизотопными источниками гамма излучения (гамма-дефектоскопы) используются при контроле труднодоступных мест ответственных изделий, в монтажных и полевых условиях, когда применение рентгеновских аппаратов затруднено или технически невозможно.

Из большого числа радиоактивных изотопов, известных в настоящее время, в радиационной дефектоскопии применяют лишь те, которые удовлетворяют трем основным требованиям:

- достаточно высокая энергия излучения;
- достаточно высокая интенсивность излучения;
- достаточно высокий период полураспада.

Этим требованиям удовлетворяют искусственные радиоактивные изотопы $^{60}_{27}\text{Co}$, $^{192}_{72}\text{Ir}$, $^{137}_{55}\text{Cs}$, $^{75}_{34}\text{Se}$, $^{176}_{64}\text{Tm}$ и др.

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Гамма-дефектоскоп состоит из следующих основных частей:

Защитный контейнер (радиационная головка) служит для хранения источника в нерабочем состоянии и является защитой от излучения. Изготавливается из тяжелого металла (свинец, обедненный уран), защита обеспечивает снижение мощности источника до доз не превышающих нормативных значений.

Механизм управления (ручной или электромеханический привод) осуществляет перемещение источника из защитного контейнера и в положение просвечивания и обратно.

Вспомогательные принадлежности – ампулапроводы, штатив, коллиматоры.

Ускорители электронов – применяются в радиационной дефектоскопии для получения высокоэнергетического тормозного излучения с энергией свыше 1 МэВ, используемого для просвечивания больших толщин материалов.

Ускорители электронов при диагностике резервуаров не используются.

Радиографический метод контроля позволяет выявлять дефекты типа несплошностей и инородных включений, отличающихся по плотности от основного металла контролируемого изделия.

При этом дефекты должны иметь, размеры, обеспечивающие получение на снимке регистрируемой глазом разности оптических плотностей изображения дефекта и фона.

На практике чувствительность контроля, определяется по эталонам, служит, прежде всего, средством оценки качества выполненных снимков. По ее значениям контролируется соблюдение установленного режима просвечивания, обеспечивающего достижение требуемого уровня выявляемости дефектов. Снимки, допускаемые к расшифровке, должны иметь значения чувствительности, установленные нормативными документами.

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Поскольку задача радиографического контроля – выявление дефектов контролируемых изделий, определяющим при выборе параметров радиографирования является обеспечение возможно более высокой чувствительности контроля. Вместе с тем для производства, особенно при массовом контроле, важным является производительность и себестоимость операций контроля, экономическая эффективность выбранных методик просвечивания.

Получение предельно высоких значений радиографической чувствительности обычно связано с существенным возрастанием затрат времени и экономических затрат на проведение радиографирования. Выбор конкретных (оптимальных) параметров радиографического контроля должен быть технически обоснован не только технически, но и экономически [3].

4.3 Акустический контроль

Все многообразие акустических методов неразрушающего контроля основано на взаимодействии упругих сред (жидких, твердых и газообразных) с акустическими колебаниями и волнами. Они отличаются способами возбуждения колебаний и их регистрацией.

Из числа акустических методов чаще всего применяют ультразвуковую дефектоскопию (УЗД), ультразвуковую толщиномирию (УЗТ) и акустико-эмиссионный (АЭ) неразрушающий контроль. На УЗД в мировой практике приходится в настоящее время 60 % всего объема неразрушающего контроля.

В нефтегазовой отрасли УЗД применяют, например, при контроле корпусов вертлюгов, осей талевых блоков, замков бурильных труб, сварных соединений резервуаров и трубопроводов и т. д. УЗТ является основным методом определения остаточной толщины стенок нефтегазового оборудования.

					<i>Виды и анализ существующих методов диагностики</i>	<i>Лист</i>
						49
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Акустико-эмиссионный контроль широко применяют для интегральной оценки технического состояния и оценки степени опасности имеющихся дефектов различного оборудования, и в первую очередь емкостного: сосудов, трубопроводов и резервуаров различного назначения.

4.3.1 Ультразвуковая дефектоскопия и ультразвуковая толщинометрия

По сравнению с другими методами неразрушающего контроля ультразвуковая дефектоскопия позволяет выявлять дефекты любой формы независимо от их глубины, обладает высокой производительностью, низкой стоимостью, возможностью контроля изделия при одностороннем доступе. Недостатками являются трудности контроля крупнозернистых материалов, а также тонкостенных изделий с толщиной 4 мм и меньше. Контроль изделий сложной формы требует разработки специальных методик или технологических инструкций.

Колебания с частотой до 16...20 Гц называют инфразвуковыми. Колебания с частотой от 16...20 до $(15...20) \cdot 10^3$ Гц составляют диапазон слышимости, воспринимаемый человеческим ухом. При увеличении частоты колебаний звука более 20 кГц он переходит в ультразвук; при этом способность его распространения меняется: в воздухе способность распространения уменьшается, в твердых и жидких средах — увеличивается. При неразрушающем контроле металлических материалов используются частоты ультразвукового диапазона 0,5...25 МГц.

Распространение акустической ультразвуковой волны в материале происходит с определенной постоянной скоростью C ,

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

определяемой свойствами среды (следует отличать скорость ультразвуковой волны C от скорости колебания упругих частиц v , которая зависит от фазы колебаний). Распространение волны сопровождается образованием в материале зон, в которых частицы находятся в одинаковом колебательном состоянии (фазе).

Существует ряд способов возбуждения ультразвуковых колебаний, в том числе механический, радиационный, лазерный, магнитный и др.

В практике диагностирования в полевых условиях для получения и ввода ультразвуковых колебаний применяют специальные устройства – преобразователи, основанные на использовании электромагнитно-акустического (ЭМА) и пьезоэлектрического эффектов. Важным преимуществом ЭМА-преобразователей является возможность контроля бесконтактным методом через слой изоляции. Вместе с тем такие преобразователи, в силу их конструктивных особенностей и низкого коэффициента преобразования, используются для прозвучивания поперечными и продольными волнами по нормали к поверхности объекта контроля и применяются в основном для толщинометрии металлоконструкций.

Наиболее распространенным является способ, основанный на явлении *пьезоэлектрического эффекта*. Физическая сущность этого эффекта заключается в том, что при механическом растяжении или сжатии на поверхности пластин некоторых твердых материалов появляются электрические заряды противоположного знака - возникает прямой пьезоэффект; наоборот, при подаче на поверхность пластин переменных электрических зарядов пластина начинает сжиматься и разжиматься имеет место обратный пьезоэффект. Такими свойствами обладает ряд природных и искусственных материалов: кварц, турмалин,

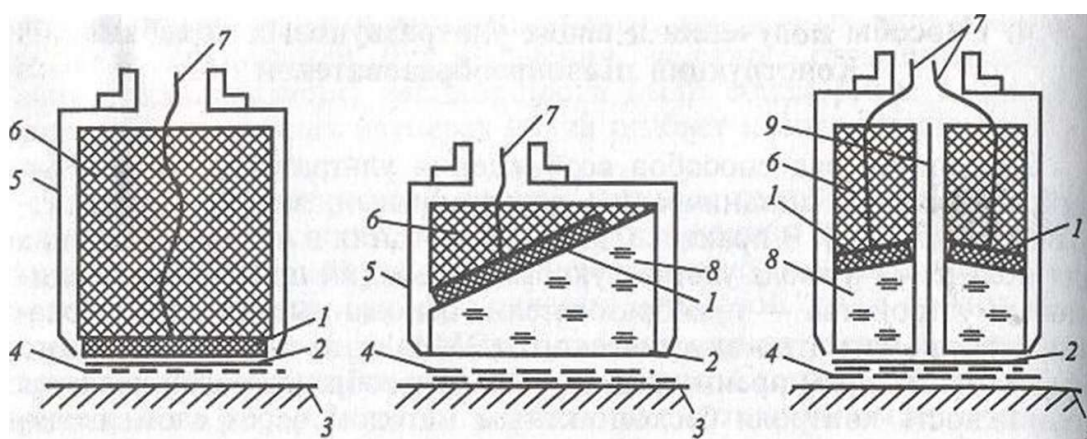
					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сегнетова соль, титанат бария, и др.

При реализации обратного пьезоэффекта механически вибрирующая пьезопластинка играет роль «молоточка», посылающего пучок упругих колебаний в контролируемый материал. Одновременно та же пластинка под действием прямого пьезоэффекта может служить преобразователем механических колебаний в электрические сигналы. Пьезопластинки являются основным элементом пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП), предназначенных для возбуждения и приема ультразвуковых колебаний.

Основные преимущества ПЭП, обуславливающие их широкое применение, — высокая эффективность преобразования (высокая чувствительность) и простота конструкции. Используют три основные схемы конструктивного исполнения контактных ПЭП прямые, наклонные, раздельно-совмещенные.

Основные типы пьезопреобразователей приведены на рисунке 2.



а — прямой; **б** — наклонный; **в** — раздельно-совмещенный

Рис.11 Основные типы пьезопреобразователей

На поверхности пьезопластины 1 методом осаждения или напыления наносят серебряные или медные электропроводные покрытия, одно из которых с помощью проводника 7 подключается к

электрическому разъему ПЭП, а другие — к металлическому корпусу 5. Толщина пьезопластины принимается равной половине длины волны в пьезоматериале на рабочей частоте ПЭП. В прямых ПЭП (рисунок 2, а) пьезопластина одной стороной приклеена к демпферу 6, а другой стороной – к протектору 2. Протектор служит для защиты пьезопластины от механических повреждений и должен обладать высокой износостойкостью. Демпфер в свою очередь служит для гашения свободных колебаний пьезопластины и получения коротких импульсов.

Наклонный ПЭП (рисунок 2, б) отличается от прямого наличием призмы 8, служащей для ввода упругих волн под углом к поверхности изделия. Угол призмы наклонного преобразователя выбирают таким, чтобы в изделие

проходили волны одного типа в интервале между первым и вторым критическими углами. Призму обычно изготавливают из плексигласа, капролона или других материалов с высоким затуханием ультразвука, что обеспечивает быстрое затухание не вошедшей в изделие волны.

Раздельно-совмещенный ПЭП (рисунок 2, в) представляет собой двоякий наклонный ПЭП с малым углом призмы (обычно не более 10°). Одна половина раздельно-совмещенного ПЭП работает на излучение, а вторая на прием. Для предупреждения прямой передачи сигналов от излучателя к приемнику имеется акустический разделительный экран 9. Угол призмы 8 выбирается в диапазоне от $0...10^\circ$, что позволяет вводить в изделие волны одного типа без их трансформации. Изменяя углы призмы, их высоту и расстояние между ними, изменяют минимальную и максимальную глубину прозвучивания изделия. Раздельно-совмещенные ПЭП сложнее по конструкции, не являются универсальными (предназначены для конкретных глубин

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

прозвучивания), но имеют значительно более низкий уровень помех.

В подавляющем большинстве случаев используют контактный способ с применением контактной смазки (жидкости). Контактная смазка 4 (см. Рисунок 1) служит для обеспечения акустического контакта и передачи ультразвуковых колебаний в объект контроля 3 и обратно. Толщина смазки должна быть меньше длины волны ультразвука в ней. Это достигается путем прижатия ПЭП к поверхности объекта контроля. Изменение толщины контактной смазки влияет на количественные результаты контроля, поэтому для повышения стабильности результатов при контактном способе контролируемую поверхность предварительно зачищают до шероховатости не хуже Rz40. [8]

Обнаружение и измерение имеющихся в конструкции дефектов осуществляют с помощью ультразвуковых дефектоскопов специального или общего назначения.

Импульс ультразвуковых механических колебаний, посылаемых в контролируемое изделие, создается в пьезопреобразователе за счет обратного пьезоэффекта. Для этого на пьезоэлемент пьезопреобразователя подается короткий электрический импульс, вырабатываемый генератором зондирующих импульсов. Отраженный от донной поверхности или от дефекта механический импульс УЗК принимается тем же или другим пьезопреобразователем, работающим в режиме приема, и преобразовывается посредством прямого пьезоэффекта в электрический сигнал. Далее сигнал, усиленный с помощью усилителя, подается на вертикальные отклоняющие элементы экрана, определяющие положение луча на экране дефектоскопа по высоте. Одновременно с генератором зондирующих импульсов запускается генератор развертки, который вырабатывает линейно увеличивающийся (пилообразный) импульс, подаваемый на горизонтальные отклоняющие элементы экрана, для развертки луча в горизонтальной плоскости.

Сигналы, поступившие от дефекта (Д) или противоположной стороны

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

изделия (донный сигнал), вместе с зондирующим импульсом появляются на экране дефектоскопа в виде пиков соответствующей амплитуды. Положение этих пиков на горизонтальной оси определяется временем их прихода и зависит от скорости УЗ колебаний в контролируемом изделии, а также глубины залегания дефекта или толщины изделия. С помощью глубиномера по времени прихода импульса и известной скорости распространения колебаний определяются соответственно глубина расположения дефектов и толщина изделия.

Контроль сварных стыков резервуара с помощью раздельно-совмещенного пьезопреобразователя хордового типа производится путем перемещения пьезопреобразователя только вдоль сварного стыка, одновременно совершая при этом незначительные (до ± 2 мм) возвратно – поступательные перемещения. Контроль выполняется с каждой стороны сварного шва.

Разнообразие методических приемов ультразвукового контроля различных деталей и элементов обуславливается многообразием их конструктивного исполнения. Для наиболее ответственных деталей и резервуара разработаны соответствующие технологические инструкции, регламентирующие методику их контроля.

Ультразвуковые толщиномеры предназначены в основном для определения толщины изделия и, в отличие от дефектоскопов, имеют существенно более простое устройство, меньшие габариты и массу. Например, у них отсутствуют блоки временной регулировки чувствительности, автоматического сигнализатора дефектов и др. При контроле толщины конструкций, подвергшихся сероводородному растрескиванию или расслоению, а также изготовленных из сталей с

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

большим содержанием сульфидных включений, раскатов и др., часто совершаются ошибки, так как большинство толщиномеров определяют толщину изделия по пришедшему первым сигналу от дефекта или расслоения. Поэтому наиболее совершенные модели ультразвуковых толщиномеров снабжаются экранами, на которые выводится развертка типа А. Это позволяет выявить донный сигнал и отличить его от сигнала от расслоения.

Большинство моделей толщиномеров наряду с толщиной позволяет измерять также и скорость распространения или время распространения УЗ волны. Точное измерение этих параметров позволяет использовать ультразвуковые толщиномеры также и для других целей: например, для экспресс-анализа марки металла по скорости распространения в нем ультразвука.

4.3.2 Акустико-эмиссионный метод контроля

Метод акустической эмиссии (АЭ) относится к диагностике и направлен на выяснение состояния объектов путем определения и анализа шумов, сопровождающих процесс образования и роста трещины в контролируемых объектах. Он базируется на регистрации акустических волн, возникающих в металле и сварных соединениях при нагружении в результате образования пластических деформаций, движения дислокаций, появления микро- и макротрещин. В основу метода положено явление излучения (эмиссии) упругих волн твердым телом при локальных динамических перестройках его структуры при его деформировании и локальном разрушении (пластическая деформация, скачкообразное развитие трещин).

По классификации (ГОСТР56542-2015)[9] этот метод относится наряду с ультразвуковой дефектоскопией к классу акустических методов неразрушающего контроля. Однако он имеет принципиальное отличие от

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ультразвукового метода: АЭ фактически объединяет методики, характерные для неразрушающего контроля, и модели механики разрушения. Кроме того, по формальному классификационному признаку УЗД относится к активному методу, в котором ультразвуковые волны возбуждаются в объекте внешним устройством (от пьезодатчика), тогда как в методе АЭ они порождаются динамическими процессами перестройки структуры и разрушения (роста трещин) в материале контролируемого аппарата.

Физическая природа возникновения АЭ в материале при его пластическом деформировании и разрушении, очевидно, связана с микропроцессами необратимого деформирования и разрушения материалов. Приложенная нагрузка приводит к возникновению в материале конструкции полей напряжений и деформаций, за счет энергии которых зарождаются и развиваются дефекты, приводящие в конечном итоге к разупрочнению материала. Зарождение, перемещение, рост дефектов, а также их исчезновение сопровождаются изменением напряженно-деформированного состояния и перестроением микроструктуры материала. При этом в материале перераспределяется внутренняя энергия, что приводит к возникновению АЭ.

Главные источники АЭ – процессы пластической деформации, связанные с появлением, движением и исчезновением дефектов кристаллической решетки: трещин, фазовых превращений, двойникования и скольжения.

На практике широко оперируют электрическими сигналами, поэтому целесообразно ввести понятие электрического сигнала АЭ, получаемого как электрический сигнал на выходе приемного преобразователя. Эти сигналы можно характеризовать такими параметрами, как общее число импульсов, суммарная АЭ, интенсивность АЭ, уровень (сигналов) АЭ, амплитуда АЭ, амплитудное распределение, энергия (сигнала) АЭ, спектральная плотность (сигналов) АЭ.

					<i>Виды и анализ существующих методов диагностики</i>	<i>Лист</i>
						57
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Общее число импульсов - это число зарегистрированных импульсов дискретной АЭ за исследуемый интервал времени.

Суммарная АЭ представляет собой число зарегистрированных превышений сигналом АЭ установленного уровня ограничения (дискриминации) за исследуемый интервал времени.

Активность АЭ – это общее число импульсов, отнесенное к единице времени.

Уровнем АЭ называется среднее квадратичное значение сигнала в рассматриваемый интервал времени.

Амплитудой АЭ является максимальное значение сигнала АЭ в течение выбранного интервала времени.

Амплитудное распределение – это распределение 5 амплитуд АЭ за исследуемый интервал времени.

Энергия (сигнала) АЭ – это энергия, выделяемая в месте измерения в исследуемой полосе частот за выбранный интервал времени.

Спектральная плотность (сигналов) АЭ представляет собой распределение сигналов АЭ по частотам энергии

Характерной особенностью АЭ при повторном нагружении является быстрое уменьшение числа импульсов АЭ и их амплитуд при последующих нагружениях. Это явление называется эффектом Кайзера. Кратко эффект Кайзера можно сформулировать как явление невоспроизводимости АЭ при повторномнагружении вплоть до максимальной нагрузки предшествующего нагружения.

Абсолютное исчезновение АЭ при повторном нагружении должно свидетельствовать о том, что материал не повреждается и, следовательно, усталостного разрушения не будет при любом числе циклов напряжения. Если же при повторных нагружениях значения параметров АЭ уменьшаются в малой степени, то, следовательно, идет быстрое накопление повреждений, и, соответственно, быстрое усталостное разрушение объекта.

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для обнаружения всех опасных источников сигналов в процессе АЭ-контроля производят оперативное накопление и обработку данных. Накопление производят после выделения параметров сигналов АЭ. При наличии цифровых регистраторов используется запоминание сигналов АЭ с целью последующего анализа процесса. После обработки принятых сигналов результаты контроля представляют в виде идентифицированных и классифицированных источников АЭ.

Классификацию источников АЭ выполняют с использованием следующих параметров сигналов: суммарный счет, число импульсов, амплитуда (амплитудное распределение), энергия (либо энергетический параметр), скорость счета, активность, концентрация источников АЭ. В систему классификации также входят параметры контролируемого объекта и время. Выявленные и идентифицированные источники АЭ рекомендуется разделять на четыре класса - I, II, III, IV.

Источник I класса - пассивный источник.

Источник II класса - активный источник.

Источник III класса - критически активный источник.

Источник IV класса - катастрофически активный источник.

Для регистрации волн акустической эмиссии используют аппаратуру, работающую в широком интервале частот - от кГц до МГц.

При испытании объекта или в процессе его эксплуатации приложение нагрузки приводит к возникновению в зоне предразрушения акустического сигнала. Информация о времени распространения сигнала, его амплитуде, частотном спектре и т.п. воспринимается пьезоэлектрическими акустическими датчиками - преобразователями акустической эмиссии (ПАЭ), расположенными на поверхности контролируемой конструкции. Обработка полученной информации служит основанием для заключения о природе, месте расположения и росте дефекта.

“Оживающий” при нагружении контролируемого объекта дефект

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

конструкции сигнализирует автоматически о своем статусе, что позволяет формировать “правильную” систему классификации дефектов по степени их опасности и адекватные критерии бракования. Однако максимальная наглядность при обнаружении дефекта проявляется лишь в том случае, когда в объекте присутствуют катастрофически активные источники АЭ. Последние свидетельствуют о наступлении конечной стадии в жизни объекта, связанной с ускоренным ростом трещины, либо с общей потерей устойчивости. И то, и другое приводит к отказу, завершающим этапом которого является разрушение объекта.

Достоинством данного метода являются:

- высокой чувствительностью к растущим дефектам;
- возможностью выявления опасных (развивающихся) дефектов;
- интегральностью, т.е. возможностью контроля одним или

несколькими неподвижными датчиками всего объекта;

- малой чувствительностью к положению и ориентации дефекта;
- возможностью контроля труднодоступных зон;
- широким диапазоном применения по материалам;
- возможностью проведения контроля процессов изменения свойств и

напряженно-деформированного состояния материала объекта;

- возможностью диагностирования объектов без полной разборки и снятия изоляции.

К недостаткам метода, ограничивающим его применение, следует отнести его чувствительность только к динамическим дефектам, высокую трудоемкость, потребность в высококвалифицированных специалистах, трудность выделения сигналов акустической эмиссии из помех, сложность интерпретации полученных результатов.

Необходимость для реализации метода акустико-эмиссионного контроля деформирования материала контролируемого объекта можно отнести к основным недостаткам. Поскольку только при этом условии разнообразные

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

дефекты структуры как концентраторы напряжений излучают дискретные акустические волны упругой разгрузки металла.

Весьма серьезным недостатком является чувствительность к разнообразным помехам, в том числе электромагнитным, радиовибрационным, климатическим, акустическим и прочим. Статистика показывает, что при АЭ-контроле промышленных объектов более 90% зарегистрированных сигналов относится к акустическим помехам. Поэтому, как никакой другой, АЭ-метод требует тщательной методической обработки для получения положительных результатов. При этом остается актуальным идентификация дефекта по характеристикам акустических сигналов. Обычно эта задача решается с использованием отбраковки акустических помех по признаку “сигнал/помеха”, получаемому после цифровой обработки формы импульса, излученного источниками-дефектами, и акустических помех.

Основные задачи, решаемые АЭ-методом:

выявление разнообразных дефектов материала, в том числе развивающихся трещин, коррозионных поражений, мест эрозионного износа с определением их местоположения на контролируемом объекте;

контроль герметичности корпусных конструкций в режиме течеискания и выявление сквозных дефектов, в том числе свищей, коррозионных проеданий и неплотностей соединений;

контроль сварных швов непосредственно в процессе сварки и в период остывания;

выявление районов повышенной напряженности и перегруженности конструкций по регистрации зон локальных пластических деформаций и общей текучести материала.

Учитывая оперативность оценки состояния объекта, особенно крупногабаритного, то приведенные выше возможности АЭ-метода ставят его вне конкуренции со всеми известными на сегодня методами НК.

АЭ-метод выступает как самостоятельный, если по его оценке,

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

полученной на основании критериального анализа зарегистрированной АЭ-информации от источников-дефектов, состояние объекта признается удовлетворительным. В противном случае для окончательной оценки привлекаются дополнительные методы НК. Наибольшую надежность оценки дает применение АЭ-метода в комплексе с такими традиционными методами, как визуально-оптический, капиллярный, магнитопорошковый, ультразвуковой, рентгеновский. Эффективность комплексного контроля в этом случае определяется тем, что в задачу АЭ-метода входит выявление АЭ-активных источников и определение их координат или зон их расположения, обеспечивающих многократную минимизацию объемов последующего контроля традиционными методами. Последние дополняют предварительную АЭ-оценку состояния объекта сведениями о геометрических параметрах и степени опасности выявленных дефектов (размерах, форме, ориентации и глубине залегания).

4.4 Методы контроля проникающими веществами

При контроле проникающими веществами используют газоаналитический, газогидравлический, вакуумно-жидкостный и капиллярный методы. Первые три метода объединены понятием «течеискание». При диагностике резервуаров широкое применение получили применение вакуумно-жидкостный и капиллярный методы.

4.4.1 Вакуумно – жидкостный метод (вакуумирование).

Средствами контроля являются электрический вакуумный насос, вакуумный манометр и вакуум-камера, представляющая собой лист толстого оргстекла со штуцером, обнесенный по контуру толстой полосой пористой резины. Насос, манометр и камера соединены между собой резиновыми шлангами. В качестве индикаторного средства используется жидкое мыло

					<i>Виды и анализ существующих методов диагностики</i>	<i>Лист</i>
						62
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

или обыкновенный косметический шампунь. Контролируемый участок объекта обильно покрывают слоем мыла, накрывают вакуум-камерой и откачивают из-под нее воздух. Степень вакуума должна быть не менее – 0,75 кгс/см².

Если под камерой имеется сквозной дефект, то под действием внешнего атмосферного давления наружный воздух устремляется сквозь него в полость камеры, и над дефектом возникает вспенивание мыльного слоя, которое оператор хорошо видит сквозь прозрачную крышку камеры.

4.4.2 Капиллярный метод контроля

Капиллярный метод контроля используется для выявления дефектов, проявляющихся на поверхности контролируемого объекта. Он основан на проникновении специальной жидкости - пенетранта - в полости поверхностных и сквозных несплошностей объекта контроля, в извлечении пенетранта из дефектов с помощью проявляющего покрытия и фиксации пенетранта.

Глубина дефектов, обнаруживаемых капиллярным методом, должна значительно превышать их ширину. Если ширина поверхностного повреждения больше его глубины (риска, царапина), то оно легко заполняется пенетрантом и так же легко удаляется из повреждений. Такие дефекты, как правило, капиллярным методом не выявляются.

Капиллярный метод обычно используют для обнаружения дефектов, не видимых невооруженным глазом. Его абсолютную чувствительность определяют средним раскрытием дефекта типа трещин длиной 3-5 мм, выявляемого с заданной вероятностью.

Индикаторные рисунки, образующиеся при контроле, либо обладают способностью люминесцировать в ультрафиолетовых лучах, либо имеют окраску, вызываемую избирательным поглощением (отражением) части падающих на них световых лучей. Линии индикаторного рисунка имеют

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ширину от 0,05 до 0,3 мм, яркостный контраст 30-60% и более, а также высокий цветовой контраст. Это значительно выше соответствующих параметров поверхностных дефектов, обнаруживаемых визуально.

При капиллярном методе контроля ставятся следующие задачи: обнаружение дефекта, определение направления дефекта относительно конфигурации детали, определение размеров и формы дефекта.

Капиллярный метод контроля позволяет диагностировать объекты контроля любых размеров и форм, изготовленных из чёрных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики, а также других твёрдых и неферромагнитных материалов. При этом выявляются такие дефекты, как трещины, пористость, рыхлоты.

4.5 Магнитопорошковый метод контроля

Магнитопорошковый метод контроля применяются только для контроля деталей и изделий, изготовленных из ферромагнитных материалов, находящихся в намагниченном состоянии. Магнитопорошковый метод контроля основаны на регистрации магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами, поэтому этот методы позволяют определять только поверхностные и подповерхностные дефекты, залегающие в ферромагнетиках на глубинах, не превосходящих 15 мм.

Дефекты наиболее легко обнаруживаются, когда направление намагничивания контролируемой детали перпендикулярно направлению дефекта. Для оптимального выявления дефектов при магнитном контроле намагничивание контролируемых изделий производят в двух направлениях, а деталей сложной формы - в нескольких направлениях.

Магнитопорошковый способ регистрации дефектов состоит в нанесении порошка ферромагнитного материала на намагниченное контролируемое изделие и в регистрации скоплений этого порошка вблизи дефектов. Над дефектом образуются локальные магнитные поля рассеяния. На попавшие в

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

поле частицы действуют пондеромоторные силы, стремящиеся затянуть их в места наибольших концентраций магнитных силовых линий. Частицы накапливаются вблизи дефекта и одновременно намагничиваются полем рассеяния дефекта. Притягиваясь друг к другу, эти частицы образуют цепочные структуры, ориентированные по магнитным силовым линиям поля дефекта. В результате происходит накопление частиц осевшего порошка в виде полосок (валиков, жилок, шнуров) над дефектом. Ширина полоски из осевшего порошка значительно больше ширины трещины, волосовины, поэтому магнитопорошковым способом могут быть выявлены мельчайшие трещины и другие поверхностные дефекты, невидимые при визуальном осмотре.

В качестве ферромагнитного материала наиболее часто используются черные порошки окислов магнетита Fe_3O_4 , представляющего смесь закиси железа FeO и окиси железа Fe_2O_3 . Несколько реже используется ферромагнитная окись железа Fe_2O_3 . Для получения буровато-красных порошков используется красная гамма окись железа $\gamma - Fe_2O_3$. Для изготовления светлых порошков используются специально приготовленные смеси железного и никелевого порошков и алюминиевой пудры.

4.6 Токовихревой метод контроля

Токовихревой (вихретоковый) контроль основан на анализе изменения электромагнитного поля вихревых токов под действием тех или иных неоднородностей контролируемого объекта. Так как вихревые токи могут возбуждаться в электропроводящих материалах, этот метод контроля может быть использован для любых металлов.

Возбудителем вихревых токов может быть поле движущегося магнита, переменное поле тока в проводе, волна радиоизлучения. Чаще всего вблизи поверхности контролируемого изделия помещается возбуждающая вихревые токи катушка индуктивности с переменным током или комбинация

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

нескольких катушек. В свою очередь, электромагнитное поле вихревых токов воздействует на катушки преобразователя, наводя в них электродвижущую силу или изменяя их полное сопротивление. Сигнал может формироваться в той же обмотке, по которой идет возбуждающий ток, или же используется дополнительная катушка или катушки.

Для контроля все изделие или его часть помещают в поле датчика

Вихревые токи возбуждают переменным магнитным потоком.

Информацию о свойствах изделия датчик получает через магнитный поток, созданный вихревыми токами с определенной плотностью. Векторы напряженности возбуждающего поля и поля вихревых токов направлены навстречу друг другу; электродвижущая сила в обмотке датчика пропорциональна разности потоков.

Регистрируя напряжение на катушке или ее сопротивление, можно получить сведения о контролируемом изделии. Напряжение и сопротивление катушки зависят от многих параметров, что обуславливает широкие возможности ТВК (дефектоскопия, толщинометрия, структурометрия, сортировка металла по маркам, контроль состояния поверхности и т.д.). С другой стороны, это обстоятельство затрудняет разделение информации о различных параметрах объекта и требует использования специальных способов фильтрации шумов.

Для анализа изменения электромагнитного поля обычно используют активное и индуктивное сопротивление катушки, амплитуду напряжения, сдвиг фаз измеряемого и опорного напряжений. Глубина проникновения вихревых токов зависит от частоты электромагнитных колебаний, электрических и магнитных характеристик металла, формы катушки и поверхности изделия. Обычно она колеблется от долей миллиметра до 1-3 мм.

Чувствительность метода зависит от многих факторов; при благоприятных условиях удается выявить трещины глубиной 0,1-0,2 мм

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

протяженностью 1-2 мм, расположенные на глубине до 1 мм.

Токовихревой контроль можно проводить без контакта между катушкой и металлом, зазор может составлять от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Это позволяет свободно перемещать преобразователь, что существенно для автоматизации процесса контроля. Выходной величиной токовихревого контроля является электрический сигнал, что позволяет автоматически регистрировать результаты контроля. Еще одно преимущество метода – возможность осуществления контроля с большой скоростью, соизмеримой со скоростью механической обработки контролируемого объекта.

На данном методе основаны дефектоскопы (сканеры) позволяющие производить сплошное сканирование днища и стенок резервуаров с целью определения мест утонения и коррозии.

Благодаря применению таких сканеров значительно увеличивается производительность труда и качество проведенного диагностирования, однако на данный момент такая методика контроля не имеет достаточной нормативной базы, и недостаточно отработана но тем не менее является все более востребованной и перспективной.

4.7 Геодезический контроль

Геодезический контроль резервуаров проводится с целью выявления действительной геометрической формы резервуара, выявления превышения высотных отметок фундамента и основания при строительстве и эксплуатации – осуществляется двумя основными методами – нивелированием и методом угловых измерений.

Различают два способа нивелирования высотных отметок – геометрическое и тригонометрическое нивелирование.

Геометрическое нивелирование. При этом виде нивелирования определение превышений производится с помощью горизонтального

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

визирного луча, создаваемого геодезическим прибором – нивелиром.

Измерение превышений определяют способом “из середины” (Рисунок № 12). При способе нивелирования “из середины” нивелир устанавливается на одинаковых расстояниях от реек, стоящих в точках “А” и “В”. По рейкам последовательно берут отсчеты “а” и “в”, определяющие высоты визирного луча над точками установки реек. Превышение между этими точками равно разности отсчетов на заднюю и переднюю рейки.

$$h = a - b$$



Рис. 12 Схема определения превышения из середины.

При нивелировании “из середины” в направлении от точки “А” к точке “В” рейка, установленная в точке “А”, называется задней, а рейка в точке “В” - передняя. Рейку устанавливают на металлические штыри или специальные металлические башмаки называемые марками.

Взять отсчет по рейке – значит определить длину вертикального отрезка от точки на которой стоит пятка рейки, до горизонтального луча визирования. Отсчеты берут по средней горизонтальной нити сетки, а иногда по крайним (для контроля, для определения расстояний до рейки по нитяному дальномеру). Отсчет читают в миллиметрах и записывают в виде четырехзначного числа.

Для определения превышений между двумя точками, расположенными на значительном расстоянии одна от другой, проводят последовательное нивелирование т.е. прокладывают нивелирный ход.

В этом случае начальная и конечная точки хода привязываются

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

к реперам - твердым точкам - пунктам государственной опорной сети.

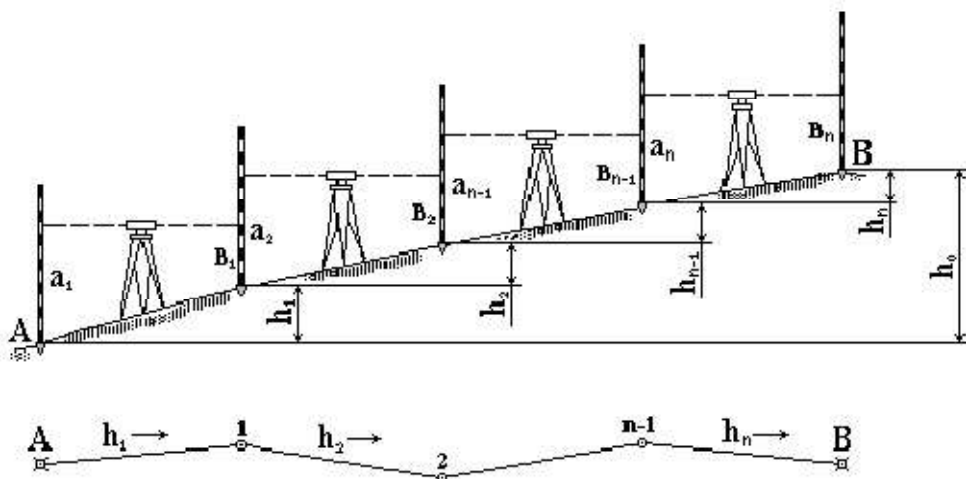


Рис. 13 - Пример нивелирного (разомкнутого) хода.

Нивелирный ход проводят методом “из середины” т. к. в этом случае компенсируются ошибки, связанные с невыполнением основного геометрического условия нивелира (линия визирования должна быть горизонтальна).

Точки хода через которые происходит последовательная передача отметок по ходу, называют связующими.

Общее превышение между точками “А” и “В” равно сумме элементарных превышений:

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_{n-1} + h_n; \quad (1)$$

$$\text{где } h_1 = a_1 - b_1;$$

$$h_2 = a_2 - b_2;$$

$$h_n = a_n - b_n$$

Суммарное превышение равно сумме отсчетов по задней рейке минус сумма отсчетов по передней рейке:

$$h_0 = \sum_1^n a - \sum_1^n b \quad (2)$$

Если нивелирный ход начинается и заканчивается в одной и той же точке, то такое нивелирование называют замкнутым нивелирным ходом.

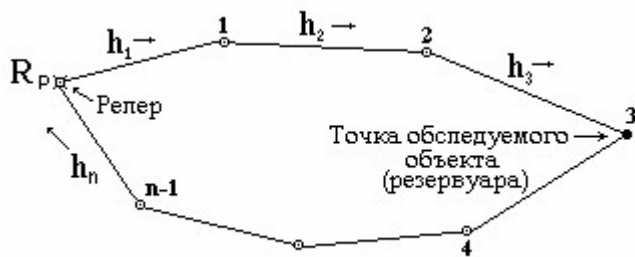


Рис. 14 - Пример схемы замкнутого нивелирного хода.

Сумма превышений в замкнутом нивелирном ходе равна нулю.

Тригонометрическое нивелирование. Данный вид выполняется геодезическим прибором, обеспечивающий возможность получения наклонного визирного луча, например теодолитом.

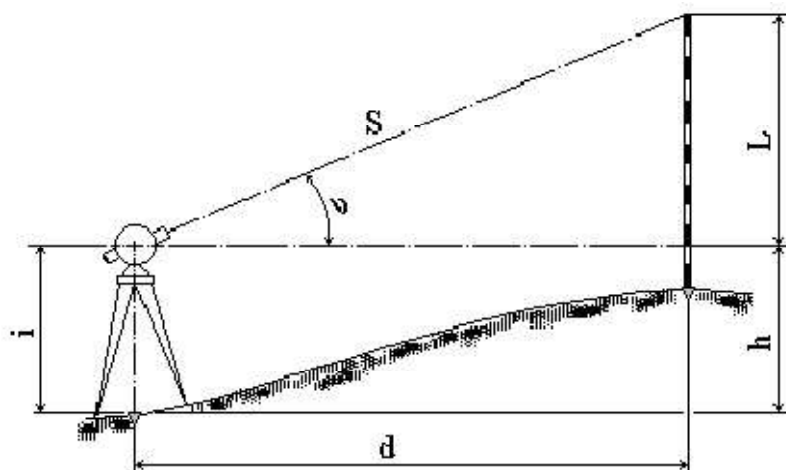


Рис. 15 – Схема определения превышения способом тригонометрического нивелирования.

Для определения превышения “ h ” измеряют угол наклона визирного луча, наведенного на рейку, и расстояние от теодолита до этой рейки:

$$h + l = d \cdot \operatorname{tg} v + i ;$$

$$h = d \cdot \operatorname{tg} v + i - l; \quad (3)$$

где h - искомое превышение;

i - высота прибора;

L - высота рейки;

v - угол наклона визирного луча;

d - горизонтальное положение расстояния от теодолита до рейки.

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

С учетом того, что при определении расстояния нитяным дальномером теодолита, измеряется величина “S”, а не “d” и с учетом того, что при проведении тригонометрического нивелирования на расстояниях до 300 метров можно не учитывать кривизну земли, формула будет иметь вид:

$$h = (S/2) \cdot \sin 2v \quad (4)$$

где S - измеренное дальномером расстояние от прибора до рейки.

Метод угловых измерений.

Угловые измерения выполняются при определении горизонтальных перемещений, отклонений от вертикали инженерных сооружений. Угловые измерения выполняются теодолитом.

При геодезическом обследовании стальных вертикальных резервуаров производят угловые измерения проекций образующих стенки резервуара на горизонтальную плоскость.

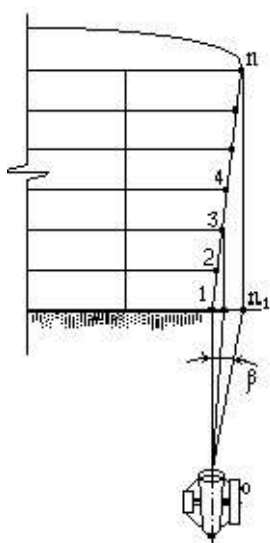


Рис. 16 Схема измерения горизонтальных смещений образующей стенки резервуара.

При закрепленном лимбе теодолита визируют на точки 1; 2; 3; ... n, пересечения образующей с горизонтальными швами, начиная с уторного. В конце измерений, для контроля, еще раз наводят на первую точку. Значения углов вычисляют относительно первого, принимая первое за нулевое.[10]

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

4.8 Другие методы контроля и диагностики

4.8.1 Выявление дефектов и определение концентрации напряжений методом инфракрасной спектроскопии

Метод инфракрасной спектроскопии предназначен для выявления и измерения концентраторов напряжения, остаточных напряжений в металлоконструкциях резервуаров путем регистрации тепловизором температурного поля металлоконструкции по электромагнитному излучению, возникающему при упругопластическом деформировании металлоконструкций нагрузочными тестами.

При инфракрасной спектроскопии устойчиво выявляются дефекты и концентраторы напряжений при достижении уровня концентрации $0,9\sigma_{0,2}$ и выше.

4.8.2 Зондирование основания резервуара

Сущность метода заключается в зондировании грунта под днищем резервуара с целью выявления факта наличия и места нахождения утечек нефтепродуктов по месту обнаружения диэлектрических аномалий.

Аномалия с повышенной, по сравнению с фоновыми значениями, удельной проводимостью или диэлектрической проницаемостью относят к скоплению ржавчины или скоплений воды в месте нахождения хлопун. Аномалии с пониженной проводимостью или меньшей величиной диэлектрической проницаемости относят к скоплению нефти и нефтепродуктов в грунте подушки резервуара.

Метод позволяет обнаружить зоны утечки нефтепродуктов через днище, повышенного коррозионного износа днища при высоком уровне грунтовых вод, а также идентифицировать вид дефекта: отпотина, утечка, повышенная коррозия и хлопун днища.

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.8.3 Метод магнитной памяти металла

Данный метод сравнительно молодой основан на регистрации напряженно деформированного состояния металла. На данный момент метод не имеет достаточной нормативно технической и методической базы по контролю резервуаров, однако может быть использован, как экспресс метод оценки качества сварных соединений с целью выявления потенциально опасных участков с последующим контролем ультразвуковым, капиллярным или радиографическими методами.

4.8.4 Механические испытания, химический анализ и металлографические исследования металла и сварных соединений.

Данные испытания относятся к разрушающим методам контроля и требуют получения образцов вырезанных из металлоконструкций резервуара.

Допускается производить измерение механических характеристик косвенными методом по показателям твердости при помощи переносных стационарных приборов со статическим и динамическим нагружением. Допускается для ориентировочной оценки временного сопротивления или предела текучести применять формулы перевода величин твердости.

Для отбраковки легированных сталей по химическому составу может применяться стилоскопирование переносными приборами.

Два последних способа наиболее удобны вследствие того, что не требуют вырезки образцов, а могут проводится непосредственно на элементах резервуара без их повреждения.

					Виды и анализ существующих методов диагностики	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 Обобщённые возможности методов неразрушающего контроля для выявления отдельных дефектов.

Для обобщения методов неразрушающего контроля резервуар условно разделен на зоны, в которой он может быть применен. Каждая зона соответствует возможностям применения данного метода контроля.

Обобщённые данные по различным методам контроля смонтированных резервуаров приведены в Таблице 2.

Таблица 2 Обобщённые данные по различным методам контроля смонтированных резервуаров

Метод	Зона контроля	Тип обнаруживаемых дефектов	Выявляемость (чувствительность)	Требования к подготовке поверхности
Визуальный и измерительный	100% доступной для осмотра поверхности резервуара	Дефекты геометрии, дефекты основного металла (коррозия, задиры и пр.), дефекты сварных соединений	Только поверхностные дефекты, допустимая погрешность контроля 0,1 мм при измеряемой величине до 0,5 мм.	Отчистка от грязи, рыхлой ржавчины, при необходимости зачистка до металлического блеска.
Геодезический	Стенка, днище, основание	Дефекты геометрии (отклонения от вертикали, вмятины, выпучены, осадка основания)	Только дефекты геометрии, Регламентируемая погрешность 1 мм на 1 длины измеряемой поверхности.	Не требует специальной подготовки. Односторонний доступ к поверхности
Радиографический	Стенка, днище до монтажа, кровля (сварные соединения)	Непровары, трещины, поры, шлаковые включения в сварных соединениях	Локальные дефекты размером более 1,5% от контролируемой величины.	Очистка от грязи шлака и пр. Требуется двусторонний доступ к поверхности

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Рубаха А.И.			Обобщенные методы контроля для выявления отдельных дефектов	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					74	125
Консульт.						ТПУ гр. 3-2Б6А		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

Ультразвуковой	Стенка, днище, кровля, патрубки (Сварные соединения листовой металл)	Непровары, трещины, поры, шлаковые включения в сварных соединениях Потеря металла	Эквивалентная площадь дефекта более 3 мм ² Погрешность измерения от 0,01 м на 1 мм	Специальная подготовка поверхности до шероховатости не менее Rz40, в отдельных случаях разрешается проводить контроль через защитное покрытие. Односторонний доступ к поверхности.
Магнитопорошковый	Стенка, днище, кровля, патрубки (сварные соединения, листовые конструкции)	Поверхностные и подповерхностные дефекты на глубине до 2-3 мм – трещины, закаты, включения, непровары	Раскрытие дефекта более 2 мкм, глубина более 20 мкм, протяженность более 0,5 мм	Подготовка поверхности до шероховатости не менее Rz2,5, при увеличении величины Rz чувствительность контроля снижается
Токовихревой	Плоские поверхности, днища, стенки	Поверхностные и подповерхностные дефекты на глубине до 2-3 мм – трещины, закаты, включения, непровары	Ширина дефекта более 0,5 мкм, глубина более 100 мкм, протяженность более 0,5 мм	Отчистка от грязи
Капиллярный	Стенка, днище, кровля, патрубки (основной металл, сварные соединения)	Поверхностные открытые поры, трещины коррозионные повреждения	Раскрытие дефекта более 1 мкм, протяженность более 3 мм	Подготовка поверхности до шероховатости не менее Rz2,5
Акустико-эмиссионный	Стенка, днище Основной металл, днище	Образование свищей, сквозных трещин в основном металле и сварных швах, протечек в уплотнениях, заглушках и фланцевых соединениях	позволяет выявить в рабочих условиях приращение трещины порядка долей мм	Подготовка поверхности в местах крепления датчиков Rz40

6 Техническое диагностирование резервуаров

6.1 Техническое диагностирование вертикальных цилиндрических стальных резервуаров

Под техническим диагностированием понимается комплекс работ, включающих подготовку, натурное обследование элементов конструкции, оценку технического состояния и составление технического заключения о возможности дальнейшей эксплуатации резервуара. Целью технического диагностирования является своевременное выявление дефектов, снижающих надежность резервуара.

Техническое диагностирование вертикальных цилиндрических стальных резервуаров включает в себя:

- частичное техническое диагностирование;
- полное техническое диагностирование;
- контроль технического состояния.

Работы по частичному и полному техническому диагностированию вертикальных цилиндрических стальных резервуаров выполняются в соответствии с требованиями РД-23.020.00-КТН-141-16 (РД-23.020.00-КТН-271-10).

Работы по лазерному сканированию стенки и других конструкций резервуара, а также защитного ограждения выполняются в соответствии с требованиями РД-23.020.00-КТН-141-16 (РД-23.020.00-КТН-271-10), РД-23.020.00-КТН-017-15 и ОР-23.020.00-КТН-065-16.

Работы по контролю технического состояния вертикальных цилиндрических стальных резервуаров в процессе эксплуатации выполняются в соответствии с требованиями ОР-23.020.00-КТН-027-16.

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			Техническое диагностирование резервуаров	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					76	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

Оценка технического состояния вертикальных цилиндрических стальных резервуаров осуществляется в соответствии с требованиями РД-23.020.00-КТН-296-07.

Периодичность проведения технического диагностирования вертикальных цилиндрических стальных резервуаров приведена в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 Периодичность проведения технического диагностирования вертикальных цилиндрических стальных резервуаров

п/п	Тип резервуара	Срок эксплуатации	Частичное техническое диагностирование	Полное техническое диагностирование
	2	3	4	5
	РВС, РВСП, РВСПК рулонной сборки, в том числе с теплоизоляцией	До 20 лет	1 раз в 5 лет после ввода в эксплуатацию, последнего диагностирования или ремонта ¹⁾	1 раз в 10 лет после ввода в эксплуатацию, последнего ремонта или через 5 лет после частичного технического диагностирования ²⁾
	РВС, РВСП, РВСПК рулонной сборки, в том числе с теплоизоляцией	От 20 лет	1 раз в 4 года после последнего диагностирования или ремонта ¹⁾	1 раз в 8 лет после последнего ремонта или через 4 года после частичного технического диагностирования ²⁾
	РВС, РВСП, РВСПК, РВСПА листовой сборки	До 20 лет	1 раз в 10 лет после ввода в эксплуатацию, последнего технического диагностирования или ремонта	1 раз в 20 лет после ввода в эксплуатацию, последнего ремонта или через 10 лет после частичного технического диагностирования
	РВС, РВСП, РВСПК, РВСПА листовой сборки	От 20 лет	1 раз в 5 лет после последнего технического диагностирования или ремонта	1 раз в 10 лет после последнего ремонта или через 5 лет после частичного технического диагностирования

РВС, РВСП полистовой сборки с теплоизоляцией	До 20 лет	1 раз в 10 лет после ввода в эксплуатацию, последнего диагностирования или ремонта ¹⁾	1 раз в 20 лет после ввода в эксплуатацию, последнего ремонта или через 10 лет после частичного технического диагностирования ²⁾
РВС, РВСП полистовой сборки с теплоизоляцией	От 20 лет	1 раз в 5 лет после последнего технического диагностирования или ремонта ¹⁾	1 раз в 10 лет после последнего ремонта или через 5 лет после частичного технического диагностирования ²⁾

¹⁾ Перечень работ включает в себя работы по частичному техническому диагностированию и дополнительные работы для резервуаров с теплоизоляцией, приведенные в РД-23.020.00-КТН-141-16

²⁾ Частичное техническое диагностирование осуществляется с учетом РД-23.020.00-КТН-141-16 после полного демонтажа теплоизоляции.

Работы по техническому диагностированию вертикальных цилиндрических стальных резервуаров проводятся в соответствии со сводной программой диагностического обследования в сроки, определенные планом-графиком выполнения работ по техническому диагностированию резервуаров. График на очередной планируемый год разрабатывается главным инженером филиала ОСТ, согласовывается отделом эксплуатации, ОГД и ТТО ОСТ и утверждается главным инженером ОСТ с учетом сроков эксплуатации резервуаров, их технического состояния, сроков гарантированной безопасной эксплуатации, установленных по результатам проведенного ранее технического диагностирования.

После проведения полного технического диагностирования при отсутствии необходимости выполнения капитального ремонта перед заполнением нефтью/нефтепродуктом резервуар подлежит внеочередной проверке в соответствии с ГОСТ 8.570.

					<i>Техническое диагностирование резервуаров</i>	<i>Лист</i>
						78
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

6.2 Диагностирование РВС 20000м³

1. На первом этапе применяются осмотр и визуально измерительный контроль(ВИК) объекта исследования, так как именно эти методы позволяют выявить основную массу дефектов геометрии и сварных швов резервуара.

2. После проведения осмотра и ВИК были выявлены нарушения антикоррозионного покрытия, из этого делаем вывод, что необходима полная зачистка поверхности резервуара для проведения диагностики следующими методами контроля. В связи с большой стоимостью зачистки, целесообразно провести диагностику сразу несколькими методами, что в свою очередь приведет к экономии бюджета предприятия и может выявить большинство дефектов РВС.

После зачистки, в местах, где находились очаги коррозии, проводится ультразвуковая толщинометрия(УЗТ) и ультразвуковой контроль(УЗК), чтобы проверить остаточную толщину металла. Эти методы являются не дорогими, относительно других и имеют большую точность измерений.

3. Далее, чтобы исключить сквозные дефекты и нарушение герметичности резервуара, проводится контроль избыточным давлением.

Данный метод является не дорогим и достаточно эффективным, что в свою очередь является причиной использования именно этого метода диагностирования.

4. На последнем этапе для того, чтобы получить информацию о размерах, глубине, и формах поверхностных дефектов, будет использован капиллярный контроль, он является не дорогим, но имеет ряд минусов: высокая трудоемкость, низкая точность при отрицательных температурах.

					Техническое диагностирование резервуаров	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7 Расчет резервуарных конструкций на прочность

Так как были обнаружены очаги коррозии, они были зачищены, в свою очередь это значит, что толщина стенки уменьшилась, поэтому был применен метод УЗТ для определения остаточной толщины стенки.

Была рассчитана минимальная толщина стенки резервуара, проведен расчёт на остаточную прочность стенки резервуара, а так же оценка ресурса стенки резервуара

7.1 Сведения об объекте исследования

Резервуар вертикальный стальной цилиндрический РВС-20000 м³.

Технические характеристики объекта приведены в таблице 4.

Таблица 4 технические характеристики РВС 20000 м³

Технические характеристики объекта:			
Номинальная вместимость, м ³	20000	Толщина верхнего пояса стенки, мм	6
Внутренний диаметр, мм	22800	Толщина нижнего пояса стенки, мм	10
Высота стенки, мм	11920	Толщина центральной части днища, мм	5
Высота налива, мм	10400	Толщина окраск днища, мм	8
Кол-во поясов	8	Толщина настила крыши, мм	4
Атмосферное давление, кПа	От 86 до 106,7 кПа		

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Рубаха А.И.</i>				<i>Расчет резервуарных конструкций на прочность</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Саруев А.Л.</i>						80	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 3-2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>	<i>Брусник О.В</i>							

7.2 Определение толщины стенки резервуара

Минимальная толщина листов стенки резервуара РВС для условий эксплуатации рассчитывается по формуле

$$\delta_i = \frac{[n_1 \cdot \rho_n \cdot g \cdot (H_{max} - x_i) + n_2 \cdot p_{изб}] \cdot R}{\gamma_c \cdot R_y}, \quad (1)$$

где: $n_1 = 1,05$ – коэффициент надежности по нагрузке гидростатического давления;

$n_2 = 1,2$ – коэффициент надежности по нагрузке от избыточного давления и вакуума;

ρ_n – плотность нефти, принимаем 900 кг/м^3 ;

R – радиус стенки резервуара, м;

H_{max} – максимальный уровень разлива нефти в резервуаре, м;

x_i – расстояние от дна до расчетного уровня, м;

$p_{изб} = 2,0 \text{ кПа}$ – нормативная величина избыточного давления;

γ_c – коэффициент условий работы, $\gamma_c = 0,7$ для нижнего пояса, $\gamma_c = 0,8$ для остальных поясов;

R_y – расчетное сопротивление материала пояса стенки по пределу текучести, Па.

Расчетное сопротивление материала стенки резервуаров по пределу текучести определяется по формуле:

$$R_y = \frac{R_y^H}{\gamma_m \cdot \gamma_n}, \quad (2)$$

где R_y^H – нормативное сопротивление растяжению (сжатию) металла стенки, равное минимальному значению предела текучести, принимаемому по государственным стандартам и техническим условиям на листовую прокат;

					Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$\gamma_m = 1,025$ – коэффициенты надежности по материалу;

$\gamma_n = 1,15$

Стенка резервуара относится к основным конструкциям подгруппы «А», для которых должна применяться сталь класса 09Г2С с нормативным расчетным сопротивлением $R_y^H = 345 \text{ МПа}$.

Вычисляем расчетное сопротивление:

$$R_y = \frac{345}{1,025 \cdot 1,15} \approx 293 \text{ МПа}.$$

Определяем предварительные толщины стенок для каждого пояса резервуара

Для вычисления используем формулу, в которой, начиная со второго пояса, единственным изменяемым параметром при переходе от нижнего пояса к верхнему является координата нижней точки каждого пояса.

$$x_i = B(i - 1), \quad (3)$$

где i – номер пояса снизу вверх;

B – ширина листа.

Основные геометрические размеры резервуара при проведении прочностных расчетов округляем в большую сторону до номинальных размеров так, чтобы погрешность шла в запас прочности: $H=12,0 \text{ м}$; $B=2,0 \text{ м}$; $R=11400 \text{ мм}$.

Толщина первого пояса определяется при $\gamma_c = 0,7$; $H_{\max} = H$; $x_1 = 0$:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= \frac{[n_1 \cdot \rho_H \cdot g \cdot (H_{\max} - x_1) + n_2 \cdot p_{\text{изб}}] \cdot R}{\gamma_c \cdot R_y} = \\ &= \frac{[1,05 \cdot 900 \cdot 9,81 \cdot (12,0 - 0) + 1,2 \cdot 2000] \cdot 11,4}{0,7 \cdot 293 \cdot 10^6} \approx 0,00631 \text{ м} \approx 6,31 \text{ мм}. \end{aligned}$$

					Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Для второго пояса при $\gamma_c = 0,8$, $x_2 = 2,0$

$$\delta_2 = \frac{[1,05 \cdot 900 \cdot 9,81 \cdot (12,0 - 2,0) + 1,2 \cdot 2000] \cdot 11,4}{0,8 \cdot 293 \cdot 10^6} \approx 0,0046 \text{ м} \approx 4,6 \text{ мм.}$$

Для остальных поясов резервуара полученные значения для толщины стенки приведены в таблице 5

Таблица 5. Толщина стенки поясов резервуара

Номер пояса	Толщина стенки, мм	Номер пояса	Толщина стенки, мм
1	6,31	5	2,4
2	4,6	6	1,92
3	3,7	7	1,48
4	3,27	8	1,1

Выбор номинального (окончательного) размера толщины стенки.

Значение минимальной толщины стенки для условий эксплуатации увеличивается на величину минусового допуска на прокат и округляется до ближайшего значения из сортаментного ряда листового проката. Полученное значение сравнивается с минимальной конструктивной толщиной стенки $\delta_{кс}$.

В качестве номинальной толщины $\delta_{ном}$ каждого пояса стенки выбирается значение большей из двух величин, округленное до ближайшего значения из сортаментного ряда листового проката:

$$\delta_{ном} \geq \max (\delta_i + C_i + \Delta \cdot \delta_{кс}) \quad (4)$$

где C_i – припуск на коррозию, мм;

Δ – значение минусового допуска на толщину листа, мм;

$\delta_{кс}$ – минимальная конструктивная толщина стенки.

Величину минусового допуска определяют по предельным отклонениям на изготовление листа.

Припуск на коррозию элементов резервуара необходимо выбирать 2–3 мм.

					Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В таблице 6 приводятся все данные для выбора номинального размера толщины стенки

Таблица 6. Номинальная толщина стенки

Номер пояса	δ_i , мм	C_i , мм	Δ_i , мм	$\delta_i + C_i + \Delta_i$	δ_{kc}	δ_n
1	6,31	2,0	0,45	8,76	6,0	9,0
2	4,6			7,05		8,0
3	3,7			6,15		7,0
4	3,27			5,62		6,0
5	2,4			4,85		6,0
6	1,92			4,37		6,0
7	1,48			3,93		6,0
8	1,1			3,55		6,0

7.3 Расчет на остаточную прочность стенки резервуара

Уменьшение толщины листов резервуара ведет к увеличению кольцевых напряжений в корпусе. Наиболее опасны для корпуса резервуара кольцевые напряжения, которые достигают своего максимального значения на уровне, расположенном на 300 мм выше нижней кромки каждого пояса.

В основу расчетов заложены прочностные свойства стали 09Г2С и фактические минимальные толщины поясов (по данным толщинометрии).

Кольцевые напряжения, исходя из фактической минимальной толщины листов по всем поясам резервуара в соответствии с [20] определены по формуле:

$$\sigma_{\max} = \frac{(\gamma_{f,0} \cdot \rho \cdot g \cdot (H - x) + \gamma_{f,s} \cdot P_s) \cdot R_p}{t_{\text{фак}}}; \quad (5)$$

где: σ_{max} , (кгс/мм²) - расчетные максимальные кольцевые напряжения;
 $\gamma_{f,0} = 1,1$ – коэффициент надежности по гидростатическому давлению [3];

$\rho = 9 \cdot 10^{-7}$ - (кгс/мм³) - удельный вес продукта по [20];

$H = 10400$ (мм) – максимальная высота заполнения резервуара;

$P_s = 2$ (кПа) - избыточное давление;

x , (мм) – расстояние от днища резервуара до расчетного сечения;

$\gamma_{f,s} = 1,2$ – коэффициент надежности по избыточному давлению;

$R_p = 11400$ (м) - радиус резервуара;

$\gamma_c = 0,7$ – коэффициент условий работы стенки резервуара при расчете ее на прочность;

$t_{фак}$, (м) – фактическая минимальная толщина стенки резервуара по поясам.

$$\sigma_{max} = \frac{(1,1 \cdot 900 \cdot 9,81 \cdot (10,4 - 0,3) + 1,2 \cdot 2000) \cdot 11,4}{0,009} = 12,73 \text{ МПа},$$

Проверка прочности корпуса резервуара с учетом хрупкого разрушения в соответствии со СНиП II-23-81* производится по формуле:

$$\sigma_{max} < \left[\frac{\gamma_c \cdot R_{un}}{\gamma_m} \right] \quad (6)$$

где: $\gamma_c = 0,7$ – коэффициент условий работы стенки резервуара при расчете ее на прочность первого пояса;

$R_{un} = 460$ МПа - расчетное сопротивление стали 09Г2С по временному сопротивлению принимаемое по [19];

$\gamma_c = 0,8$ - коэффициент условий работы стенки резервуара при расчете ее на прочность второго и по следующим поясов; [19];

$\gamma_m = 1,1$ - коэффициент надежности по материалу для листовых прокатов, используемых в резервуарах [19];

$$127,3 < \left[\frac{0,7 \cdot 460}{1,1} \right] \Rightarrow 127,3 < 29,27$$

					Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В таблице 7. приведены результаты расчетов максимальных кольцевых напряжений в каждом поясе резервуара по результатам толщинометрии и учетом недопустимых дефектов выявленных визуальным контролем и дефектоскопией на наружной поверхности стенки корпуса резервуара.

Таблица 7 Максимальные кольцевые напряжения, действующие в стенке резервуара с учетом дефектов наружной поверхности

Координата расчетного сечения, мм	Минимальная фактическая толщина стенки резервуара, мм	Кольцевые напряжения стенки резервуара при Н = 10400 мм (МПа)	Кольцевые напряжения стенки резервуара при Н = 9000 мм (МПа)	Допускаемое значение напряжения для стали (МПа)
300	9	12,73	11,01	29,27
1800	8	12,24	10,31	33,45
3300	7	11,62	9,41	33,45
4800	6	10,79	8,21	33,45
6300	6	8,02	5,44	33,45
7800	6	5,25	2,67	33,45
9300	6	2,49	-0,01	33,45

Условие прочности при максимальной высоте налива продукта Н= 10400 мм (с учетом язвенных коррозионных повреждений стенки резервуара) выполняется для всех поясов стенки корпуса резервуара.

По результатам расчета кольцевых напряжений с учетом фактической толщины листов стенки корпуса (с учетом язвенных коррозионных повреждений стенки) резервуара РВС-20000 м³, уровень максимально допустимого налива продукта составляет Н = 10400 мм.

7.4 Оценка ресурса стенки резервуара

Число полных циклов наполнения резервуара до образования макротрещины определяется по формулам РД 153-112-017-97 «Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса РВС»:

$$N_0 = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{1,28 \cdot E \cdot \ln\left(\frac{1}{1-\Psi}\right)}{1,28 \cdot n_\sigma \cdot \sigma_a^* / \varphi_c - \sigma_{-1}} - 1 \right)^2 \quad (7)$$

и

$$N_0 = \frac{1}{4 \cdot n_N} \cdot \left(\frac{1,28 \cdot E \cdot \ln\left(\frac{1}{1-\Psi}\right)}{1,28 \cdot \sigma_a^* / \varphi_c - \sigma_{-1}} - 1 \right)^2 \quad (8)$$

где:

E - модуль упругости, для стали $E = 2,06 \cdot 10^3$, МПа;

Ψ - относительное сужение, определяемое экспериментальным путём или по справочным данным, $\Psi = 0,55$ для стали 09Г2С;

n_σ - коэффициент запаса по напряжениям, $n_\sigma = 2$ по [7];

σ_a^* - амплитуда условных напряжений в расчётной точке стенки резервуара, МПа, [7];

σ_{-1} - предел выносливости для материала стенки, для стали 09Г2С, принимаем = 120 МПа;

φ_c - коэффициент, учитывающий снижение характеристик металла в результате сварки, для малоуглеродистой стали – при ручной сварке $\varphi_c = 0,8$, при автоматической $\varphi_c = 0,9$ по [7];

n_N - коэффициент запаса по долговечности, $n_N = 10$.

					Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Амплитуда условных напряжений определяется по следующей формуле:

$$\sigma_a^* = 0,5 \cdot K_\sigma \cdot \sigma_n = 0,5 \cdot 2,42 \cdot 60,58 = 312,7 \text{ (МПа)},$$

где $K_\sigma = 2,4$ по [7]; σ_n (МПа)- максимальные напряжения в стенке резервуара из табл. 6.

Подставляем значения параметров в формулы (7) и (8):

$$[N_0] = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{1,28 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot \ln\left(\frac{1}{1-0,55}\right) - 1}{1,28 \cdot 2 \cdot 312,7 / 0,8 - 120} \right)^2 = 7464$$

$$[N_0] = \frac{1}{4 \cdot 10} \cdot \left(\frac{1,28 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot \ln\left(\frac{1}{1-0,55}\right) - 1}{1,28 \cdot 312,7 / 0,8 - 120} \right)^2 = 4028$$

и получаем величину N_0 соответственно 7464 и 4028 циклов.

Минимальная из них должна быть скорректирована по условиям коррозии.

Ресурс с учётом коррозии определяется по формуле:

$$N = N_0 \cdot (1 - \beta_{kc}), \quad (9)$$

где:

$$\beta_{kc} = \lambda \cdot \lg N_0$$

Коэффициент $\lambda = 0,1$ при отсутствии мер по снижению коррозионного воздействия.

В результате для условий эксплуатации данного резервуара минимальный срок службы при условии частоты заполнения $n=120$ циклов в год составляет:

$$T = 4028 \cdot (1 - 0,1 \cdot \lg 4028) / 120 = 21 \cdot \text{год}$$

					Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

8.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка.

В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Для данного проекта целевой рынок – нефтетранспортирующие компании, такие как Лукойл, Сургутнефтегаз, Транснефть.

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль. По этим критериям будет производиться сегментирование рынка.

Размер предприятия важен, так как в крупных компаниях чаще внедряют новые технологии, так как в дальнейшем они могут окупить риски внедрения.

На рисунке 16 представлена карта сегментирования рынка предоставляемых услуг для крупных и средних нефтетранспортирующих предприятий.

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					89	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 32Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

Рис. 16. Карта сегментирования рынка

		Отрасль
		Нефтеперерабатывающие предприятия
Размер	Крупные	
	Средние	

По рисунку 16 можно сделать вывод, что основными наиболее перспективными сегментами нефтепереработки являются предприятия всех размеров.

8.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить

направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью карты, представленной в таблице 8.

Таблица 8 Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _к	К _ф	К _к
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Повышение производительности труда пользователя	0,05	5	3	0,25	0,15
2. Надежность	0,1	5	3	0,5	0,3
3. Безопасность	0,15	5	4	0,75	0,6
4. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	4	0,5	0,4
5. Энергоэкономичность	0,1	5	2	0,5	0,2
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,2	3	3	0,6	0,6
2. Финансирование разработки	0,2	5	4	1	0,8
3. Наличие сертификации разработки	0,1	3	2	0,3	0,2
Итого	1	36	25	4,4	3,25

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (10)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Конкурентоспособность разработки составляет 4,4, в то время как конкурентоспособность альтернативного метода составляет 3,25, в результате чего, делается вывод, что данная разработка является конкурентноспособной имеет высокое преимущество перед альтернативным методом.

8.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUalityADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно – исследовательский проект.

Таблица 9 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	97	100	0,97	0,145
2. Надежность	0,1	97	100	0,97	0,097
3. Безопасность	0,2	96	100	0,96	0,192
4. Простота эксплуатации	0,15	93	100	0,93	0,139
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
5. Конкурентоспособность продукта	0,1	96	100	0,96	0,096
6. Финансовая эффективность научной разработки	0,2	98	100	0,98	0,196
7. Наличие сертификации разработки	0,1	95	100	0,95	0,095
Итого	1	672	700	6,72	0,96

Оценка качества перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_{i'} \quad (11)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

$B_{i'}$ – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение показателя P_{cp} составило 96, что говорит о высокой перспективности разработки, о высоком качестве методики оценки работоспособности кольцевых сварных соединений.

8.4 1.4 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе.

Таблица 10 Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны проекта: С1.Методика позволяет экономить средства С2.Многоуровневый подход к оценке С3. Методика позволяет оценить работоспособность соединений С4. Квалифицированный персонал</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Необходимость обширного внедрения методики. Сл2. Затраты времени на проведение оценки.</p>
<p>Возможности: В1. Внедрение в структуры нефтетранспорта В2. Появление спроса на продукт В3. Уменьшение значимости конкурентной продукции</p>	<p>Проект позволяет сэкономить средства на обслуживание резервуаров что обеспечивает спрос на продукт. Наличие комплексного подхода к диагностированию резервуаров обеспечивает ей внедрение в структуры нефтетранспорта.</p>	<p>Внедрение методики может занять продолжительное время.</p>
<p>Угрозы: У1. Изменение требований и норм в области качества сварных соединений У2. Недостаточная распространенность и дороговизна приборов неразрушающего контроля</p>	<p>При изменении норм в области эксплуатации резервуаров вертикальных стальных применение методики окажется невозможным без изменения положений методики.</p>	<p>Из-за больших временных затрат на проведение диагностики оборудованием может привести к невозможности применения методики.</p>

На втором этапе строится интерактивная матрица проекта, представленная в таблице 11. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 11 Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	+	+	+	0
	B3	+	-	+	-
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	0	-	0
	У2	-	-	-	-
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2		
	B1	+	-		
	B2	+	-		
	B3	+	-		
Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2		
	У1	0	0		
	У2	-	+		

По результатам SWOT-анализа можно сделать вывод, что у разрабатываемого проекта много сильных сторон, которые превышают значение слабых сторон.

Сделан вывод, что технологии конкурентоспособны, несмотря на угрозы

8.5 Планирование научно-исследовательских работ

8.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и студент. Составим перечень этапов и работ, распределение исполнителей по видам работ в таблице 12.

Таблица 12 Перечень этапов, работ и исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Исполнитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Исполнитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ существующей методики оценки работоспособности	Исполнитель
	6	Проведение расчетов	Исполнитель
	7	Оценка адекватности расчетов реальному процессу	Исполнитель
	8	Оценка влияния технологических параметров на работоспособность продукта	Исполнитель
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Исполнитель
	10	Определение целесообразности проведения процесса	Руководитель, Исполнитель
	11	Оформление пояснительной записки	Исполнитель
	12	Разработка презентации	Исполнитель

8.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{мині} + 2t_{маі}}{5} \quad (12)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{мині}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{маі}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%. Ч

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (13)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В качестве примера рассчитаем продолжительность первой работы – разработка технического задания:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел. - дн};$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i} = \frac{1,8}{1} = 1,8 \text{ дн.}$$

8.5.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (14)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1 \quad (15)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в 2021 году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в 2021 году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в 2021 году.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Временные показатели и календарный план-график представлены в таблицах 13 и 14 соответственно

Таблица 7 – временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Грудомкость работ												Длительность работ в календарных днях $T_{кл}$			Длительность работ в рабочих днях $T_{рл}$		
	$T_{плн}$, чел. - дни			T_{max} чел. - дни			$T_{ож}$, чел. - дни			Исполнитель, количество			исп.			исп.		
	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.
Составление и утверждение технического задания	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	2	3	4	4	5	6	3	4	5	3	4	5	3	4	5	4	6	7
Подбор и изучение материалов по теме	12	14	16	14	15	18	13	14	17	13	14	17	13	14	17	19	21	25
	4	6	7	7	8	10	5	7	8	5	7	8	3	3	4	4	5	6
Календарное планирование работ по теме	5	6	7	8	9	10	6	7	8	6	7	8	3	4	4	5	5	6
	10	11	13	11	13	15	10	12	14	10	12	14	10	12	14	15	17	20
Проведение расчетов работоспособности	8	10	12	10	12	14	9	11	13	9	11	13	9	11	13	13	16	19
	5	6	7	6	7	8	5	6	7	5	6	7	5	6	7	8	9	11
Оценка адекватности расчетов реальному процессу	5	6	7	7	8	9	6	7	8	6	7	8	6	7	8	9	10	12
	5	6	7	6	7	8	5	6	7	5	6	7	6	7	8	9	10	12
Оценка эффективности полученных результатов	5	6	7	6	7	8	5	6	7	5	6	7	3	3	4	4	5	5
	5	6	9	7	10	12	6	8	10	6	8	10	3	4	5	4	6	8
Оформление пояснительной записки	7	8	9	9	10	11	8	9	10	8	9	10	8	9	10	12	13	15
	2	3	4	4	5	6	3	4	5	3	4	5	3	4	5	4	6	7
Разработка презентации	Итого, дн.																	
															100	119	141	

Таблица 8 – календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Длительность работ в календарных днях T _к	Продолжительность выполнения работ																																			
				декабрь			январь			февраль			март			апрель			май																				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2																			
1	Составление и утверждение тематического задания	Руководитель	7	1																																			
2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель	25	1																																			
3	Выбор направлений исследований	Руководитель, Исполнитель	6	1																																			
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Исполнитель	6	1																																			
5	Анализ существующей методики оценки работоспособности	Исполнитель	20	1																																			
6	Проведение расчетов	Исполнитель	19	1																																			
7	Оценка адекватности расчетов реальному процессу	Исполнитель	11	1																																			
8	Оценка влияния технологических параметров на работоспособность продукта	Исполнитель	12	1																																			
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Исполнитель	5	1																																			
10	Определение целесообразности проведения процесса	Руководитель, Исполнитель	8	1																																			
11	Оформление пояснительной записки	Исполнитель	15	1																																			
12	Разработка презентации	Исполнитель	7	1																																			

8.6 Бюджет научно технического исследования

8.6.1 Расчет материальных затрат НИИ

Расчёт стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включаем транспортно-заготовительные расходы, составляющие 5 % от цены представлены в таблица 15.

Таблица 15 Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Ед. измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Ручка	шт.	2	55	110
Карандаш	шт.	2	25	50
Линейка	шт.	2	20	40
Папка	шт.	2	110	220
Папка-вкладыш	шт.	10	5	50
Электроэнергия	КВт	200	3,5	700
Интернет	Гб	150	12	1800
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				3664
Итого				6634

8.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)

Данный раздел включает все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Необходимое оборудование представлено в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на оборудование

№	Наименование	Количество	Цена, тыс. руб.	Общая стоимость, тыс. руб.
1	ВД-70 вихретоковый дефектоскоп	1	240	240
2	Персональный компьютер	2	35000	70000
Итого				70240

8.6.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату, представлено в таблице 17.

Таблица 17 Основная заработная плата

Исполнители	$Z_{б}$, тыс. руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, тыс. руб.	$Z_{дн}$, тыс. руб.	$T_{р}$, раб.дн.	$Z_{осн}$, тыс. руб.
Руководитель	37213	1,3	-	1,3	62890	1965,3	32	56347,9
Исполнитель	12792	-	-	1,3	16630	639,6	26	17461,1

Где $Z_{б}$ – базовый оклад;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент;

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{р}$ – районный коэффициент (для г. Томск $k_{р} = 1,3$);

$Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата.

8.6.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10 - 15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (16)$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

В таблице 18 указаны данные о дополнительной заработной плате.

Таблица 18 Дополнительная заработная плата

Зарплата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата	56347,9	-
Дополнительная зарплата	6761,34	-
Итого	63109,2	0

8.6.5 Отчисления во внебюджетные фонты (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (17)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды

($k_{внеб}=30,2$)

Таблица 19 Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб.	Дополнительная заработная плата, тыс. руб.
Руководитель проекта	56347,9	6761,34
Бакалавр	-	-
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды	30,2	
Отчисления, руб.	15270	1832
Итого	17102	

8.6.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (18)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Принимаем величину накладных расходов в размере 16 %.

Рассчитаем накладные расходы:

$$Z_{\text{накл}} = (473 + 76944 + 63109,2 + 17102) \cdot 0,16 = 25240 \text{ руб.}$$

8.6.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского центра

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 20 Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Материальные затраты НИИ	76944	78256	79343
2. Специальное оборудование для научных работ	240000	245200	300000
3. Основная заработная плата	56347,9	56347,9	56347,9
4. Дополнительная заработная плата	6761,34	6761,34	6761,34
5. Отчисления на социальные нужды	17102	17102	17102
6. Накладные расходы	25240	25240	25240
7. Бюджет затрат	422394	428906	484793

8.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение финансовой и ресурсной эффективности

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин:

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 16). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп. } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (19)$$

Где $I_{\text{финр}}^{\text{исп. } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (20)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 21 Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп. 2	Исп. 3
1.Повышение производительности труда пользователя	0,15	5	3	4
2. Надежность	0,2	4	4	3
3. Безопасность	0,2	5	4	4
4. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,25	5	3	2
5. Энергоэкономичность	0,2	4	4	4
Итого	1	4,6	3,6	3,5

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 = 4,6;$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 = 3,6;$$

$$I_{p-исп3} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 = 3,5.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки $I_{исп.i}$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{фин.i}} \quad (21)$$

Сравнительная эффективность $\mathcal{E}_{ср}$ вычисляется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (22)$$

Таблица 22 Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,91	1	0,915
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	3,6	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,99	4,15	4,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,83	0,82

Вывод: сравнение интегральных показателей эффективности показало, что наиболее эффективным вариантом исполнения проекта бакалаврской работы является исполнение 1.

9 Социальная ответственность

Ежегодно требования по безопасности и повышению надежности резервуарных парков повышаются. В процессе длительной эксплуатации вертикальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов их конструкция подвергается различным воздействиям, таким как: давление продукта, избыточное давление в газовом пространстве резервуара, температурные воздействия и др. Данные факторы приводят к деформации стенок в результате неравномерной нагрузки.

В данной работе рассматриваются дефекты, которые могут возникать на резервуарах, причины возникновения дефектов и методы их устранения.

После рассмотрения существующих методов, делается вывод об экономической целесообразности их использования.

Резервуар рассматривается, как опасный производственный объект, анализ причин возникновения опасных и вредных производственных факторов а так же чрезвычайных ситуаций.

9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с ФЗ №116 «О промышленной безопасности на опасных производственных объектах» предприятие обязуется страховать сооружение, персонал и оборудование на случай чрезвычайных ситуаций. В случае невыполнение обязательств по обеспечению безопасности производственного объекта и его персонала берет на себя полную ответственность по компенсации последствий, возникших при аварии.

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			Социальная ответственность	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					109	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 32Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

**Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя)
правовые нормы трудового законодательства**

Проведение работ по диагностированию РВС является газоопасной работой.

Проведение работ в местах с повышенной производственной опасностью осуществляется только при наличии наряда допуска.

К данным работам допускаются только лица старше 18 лет, прошедшие обучение методам и приемам проведения работ.

Работодатель обязуется обеспечить страхование работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

В зависимости от условий работы персонал должен быть обеспечен необходимыми средствами защиты.

Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Размеры рабочего места и его размещение не должны препятствовать проведению работ по техническому диагностированию и затруднять движение работающего.

Всякий производственный объект, где обслуживающий персонал находится постоянно, необходимо оборудовать круглосуточной телефонной (радиотелефонной) связью с диспетчерским пунктом или руководством участка, цеха, организации.

Размеры рабочего места и размещение его элементов должны обеспечивать выполнение рабочих операций в удобных рабочих позах и не затруднять движений работающего.

					Социальная ответственность	Лист
						110
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

9.2 Производственная безопасность

Рассмотрим основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении диагностирования РВС в таблице 23

Таблице 23 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап работы	Нормативные документы
	Ремонтно-восстановительные работы при диагностировании РВС	
1. Высокая загазованность воздушной среды	+	ГОСТ 12.1.005-88 ГН 2.2.5.3532-18
2. Превышение уровней шума	+	ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ[32] ГОСТ12.1.003 2014
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	ГОСТ 12.1.046- 85
4. Превышение уровней вибрации	+	ГОСТ 12.1.012-90 СБТ
5. Электрический ток	+	ГОСТ ИЕС 61140-2012
6. Взрывоопасность и пожароопасность	+	ГОСТ 12.1.010-76 ГОСТ 12.1.004-91
7. Трубопроводы и оборудование под давлением	+	ПБ 03-576-2003 32. РД 03-29-93

9.3 Анализ вредных и опасных производственных факторов и мероприятия по их устранению

Рассмотрим опасные и вредные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при проведении реконструкции резервуара вертикального, а также рассмотрим нормативные значения этих факторов и мероприятия, направленные на снижение или устранение этих факторов.

Загазованность воздушной среды

В результате испарения углеводородов в окружающем воздухе может возникнуть опасное содержание паров нефти.

Контроль воздушной среды должен проводиться: - с периодичностью 1 раз в 30 мин; - по первому требованию ответственного лица за проведение работ; - по первому требованию исполнителей работ по наряду-допуску; - после перерыва в работе 1 час. Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализаторов АНТ-3, АНТ-3м, Колион-1. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Предельно допустимая концентрация пыли, как вещества умеренно опасного, в воздухе рабочей зоны составляет $1,1-10 \text{ мг/м}^3$, для нефти ПДК равно 300 мг/м^3 . Нефть по санитарным нормам относится к 4-му классу опасности (малоопасные вредные вещества со значением ПДК в пересчете на углерод) – 300 мг/м^3 . При работе в местах, где концентрация вредных веществ в воздухе может превышать ПДК, работников должны обеспечивать соответствующими противогазами. При работе с вредными веществами 4-го классов опасности (нефть, бензин, дизельное топливо, этиловый спирт, керосин и т.д.) должно быть обеспечено регулярное обезвреживание и дезодорирование СИЗ.

					Социальная ответственность	Лист
						112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Превышение уровней шума

Допустимый уровень шума составляет 80 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления, превышающими 135 дБА. К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся:

- совершенствование технологии ремонта и своевременное обслуживание оборудования;
- использование средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи); средств звукопоглощения. Также необходимо использовать рациональные режимы труда и отдыха работников. В качестве СИЗ Государственным стандартом предусмотрены заглушки-вкладыши (многократного или однократного пользования, вкладыши "Беруши" и др.), заглушающая способность которых составляет 6-В случаях более высокого превышения уровней шума следует использовать наушники, надеваемые на ушную раковину. Наушники могут быть независимыми либо встроенными в головной убор или в другое защитное устройство.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для резервуарных парков необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 20 лк независимо от применяемых источников света. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов.

Превышение уровней вибрации

Для санитарного нормирования и контроля используются средние квадратические значения виброускорения или виброскорости, а также их

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
						113
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

логарифмические уровни в децибелах. Для первой категории общей вибрации, по санитарным нормам скорректированное по частоте значение виброускорения составляет 62 дБ, а для виброскорости – 116дБ. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц.

Вибробезопасные условия труда должны быть обеспечены: – применением вибробезопасного оборудования и инструмента; применением средств виброзащиты, снижающих воздействие на работающих вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения; – организационно-техническими мероприятиями (поддержание в условиях эксплуатации технического состояния машин и механизмов на уровне, предусмотренном НТД на них; введение режимов труда, регулирующих продолжительность воздействия вибрации на работающих; вывод работников из мест с превышением ДУ по вибрации).

Электрический ток

Класс опасности по ПУЭ при проведении работ по реконструкции внутри резервуара В-1Г, категория опасности А. Зоны класса В-1Г - пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами, эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-1Г считается в пределах до: - 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами, при наличии обвалования - в пределах всей площади внутри обвалования. Используемое оборудование при проведении работ по реконструкции должно быть взрывозащищенное, выполненное для работы во взрывоопасной смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом. Допустимый уровень взрывозащиты переносных электрических светильников, для класса взрывоопасной зоны В-1Г, должен быть

					Социальная ответственность	Лист
						114
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

повышенной надежности против взрыва. Для защиты от поражения электрическим током необходимо использовать следующие средства индивидуальной защиты: диэлектрические перчатки и галоши (дежурные), резиновые коврики, изолирующие подставки. Для защиты от электрической дуги и металлических искр при сварке необходимо использовать: защитные костюмы, защитные каски или очки и т.п.

Взрывоопасность и пожароопасность

Резервуары выполняют важную функцию по приему, хранению и выдаче нефтепродуктов являются объектами повышенной опасности. Пожар в резервуаре в большинстве случаев начинается со взрыва паровоздушной смеси. На образование взрывоопасных концентраций внутри резервуаров существенное влияние оказывают физико-химические свойства хранимых нефти и нефтепродуктов, конструкция резервуаров, технологические режимы эксплуатации, а также климатические и метеорологические условия. Взрыв в резервуаре приводит к подрыву (редко к срыву) крыши с последующим горением на всей поверхности горючей жидкости. При эксплуатации резервуаров должны соблюдаться требования пожарной безопасности, установленные «Правилами пожарной безопасности в РФ», «Правилами пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения».

Причинами возникновения пожара на объектах эксплуатации резервуаров являются:

- В большинстве случаев пожар начинается со взрыва газо-воздушной смеси;
- Несоблюдение правил пожарной безопасности и неосторожное обращение со сгнем;
- Неправильная эксплуатация и неисправность оборудования;
- Возникновение статического электричества;

					Социальная ответственность	Лист
						115
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Климатические и метеорологические условия.

Тушение пожара и ограничение его распространения достигается системой пожаротушения. Особым соблюдением правил по безопасности требуют работы, связанные с появлением источников зажигания. К ним в первую очередь относятся огневые работы. Необходимо, при проведении сварочных работ, исключить возможность взрыва газо-воздушной смеси, попадания нефти на сварочные агрегаты. Меры защиты: установка пожарных сигнализаций, автоматизированная система пожаротушения в резервуарном парке, средства индивидуальной защиты.

Трубопроводы и оборудование под давлением

При несоблюдении правил безопасности при изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудование работающее под высоким давлением обладает повышенной опасностью. Причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления могут быть: внешние механические воздействия, старение систем (снижение механической прочности); нарушение технологического режима; конструкторские ошибки; изменение состояния герметизируемой среды; неисправности в контрольно-измерительных, регулирующих и предохранительных устройствах; ошибки обслуживающего персонала и т. д.

Сосуды, работающие под давлением, проектируют и изготавливают только специализированные проектные организации и заводы изготовители.

Общим требованием к конструкции сосуда является надежность обеспечения безопасности при эксплуатации и возможности осмотра и ремонта. Специальные требования предъявляются к сварным швам. Они должны быть доступны для контроля при изготовлении, монтаже и эксплуатации, располагаться вне опор сосудов. Сварные швы делаются только стыковыми. Сосуды, работающие под давлением, снабжаются следующими приборами: указателями уровня жидкости, обязательными для

					Социальная ответственность	Лист
						116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сосудов, обогреваемых пламенем или горючими газами; запорной арматурой, устанавливаемой на трубопроводах, подводящих и отводящих из сосуда пар, газ или жидкость; приборами для измерения давления и температуры; предохранительными устройствами. Каждый сосуд, работающий под давлением, снабжается манометром. Предохранительные устройства (пружинные, рычажно-грузовые клапаны или разрывные мембраны) сосудов должны исключать возможность превышения рабочего давления.

Требования к персоналу по эксплуатации сосудов, работающих под давлением:

Руководитель организации-владельца сосудов назначает ответственного за исправное состояние и безопасную эксплуатацию этих сосудов.

Ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосудов должна быть возложена на специалиста, которому подчинен персонал, обслуживающий сосуды (начальник компрессорной, начальник участка, старший мастер участка и т. д.).

9.4 Экологическая безопасность

Безопасность окружающей среды при эксплуатации РВС должна обеспечиваться отсутствием неконтролируемых утечек нефти. В процессе налива, хранения и опорожнения резервуара должны быть исключены негативные воздействия на окружающую среду.

Защита атмосферы

При хранении нефтепродуктов в резервуаре образовывается газо-воздушная смесь, которая через дыхательные клапаны выходит в атмосферу, это называется «большие дыхания» резервуара. Уменьшение газового пространства, это один из наиболее эффективных методов борьбы с потерями от испарения и выбросом в окружающую среду.

					Социальная ответственность	Лист
						117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Немаловажным фактором является в целом состояние резервуара. Наличие коррозии и различных видов дефектов также приводит к большим потерям и выбросам. Резервуары и прилегающую территорию содержат в чистоте, и оборудуют средствами пожаротушения и молниеотводами.

Защита гидросферы

Значительное отрицательное воздействие на гидросферу оказывают разливы нефти, которые могут быть связаны с несоблюдением норм технической безопасности, а также в связи со стихийными бедствиями.

При попадании нефти в водоемы на поверхности воды образуется пленка, препятствующая воздушному обмену, вследствие чего приносит значительный ущерб живущим организмам. Основным методом считается механический. Большая эффективность этого метода достигается в начале разлива, когда толщина нефтяного слоя остается большой. Термический метод основан на выжигании слоя нефти.

Физико-химический использование диспергентов и сорбентов.

Сорбенты при соприкосновении с нефтью впитывают её, образуя комья до максимума насыщенного нефтью. Биологический применяется после физико-химического и механического метода, когда толщина слоя не менее 0,1 мм. В основе лежит окисление углеводорода или биохимических препаратов.

Защита литосферы

Загрязнение почв нефтью приводит к значительному экологическому и экономическому ущербу: понижается продуктивность лесных ресурсов, ухудшается санитарное состояние окружающей среды. Земельные участки, отведенные в постоянное пользование, благоустраиваются с использованием предварительно снятого почвенно-растительного слоя. Земли, передаваемые во временное пользование, подлежат восстановлению (рекультивации). Земельные участки приводятся в пригодное для использования по

					Социальная ответственность	Лист
						118
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

назначению состояние в ходе работ, а при невозможности этого не позднее, чем в течение года после завершения работ.

Строительные работы в связи с требованиями лесного хозяйства обязаны:

- обеспечить минимальное повреждение почв, травянистой и моховой растительности;
- произвести очистку лесосек и ликвидировать порубочные остатки;
- не допускать повреждения корневых систем и стволов опушечных деревьев.

9.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В рабочей зоне дефектоскописта могут возникнуть чрезвычайные ситуации как природного, так и техногенного характера.

Чрезвычайными ситуациями природного характера могут являться лесные пожары, наводнения или землетрясения.

Одним из наиболее вероятных видов чрезвычайных ситуаций является пожар или взрыв на рабочем месте. Содержание в воздухе метана более чем 4,4 % в смеси с воздухом может привести к взрыву.

Для обеспечения безопасности воздух в месте проведения работ проверяется при помощи газоанализатора.

Замеры производятся в разных точках с периодичностью не реже 1 раза в 30 минут.

Для организации работ по локализации аварий, инцидентов и ликвидации их последствий разрабатывают и утверждают план ликвидации аварий, издаются приказы на проведение аварийно-восстановительных работ.

Резервуары входят в состав опасных производственных объектов и подлежат регистрации в государственном реестре в соответствии с Федеральным законом РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

					Социальная ответственность	Лист
						119
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вывод:

В блоке социальной ответственности были рассмотрены такие важные вопросы как промышленная безопасность и охрана труда.

Анализ, проведенный в данном разделе, показал, что проведение работ по диагностике РВС является типом деятельности, при которой возникает ряд вредных и опасных факторов. Резервуар вертикальный стальной является опасным производственным объектом, принадлежащим ко 2 классу опасности способным нанести ущерб, как человеку, так и природе, вследствие чего рабочий проводящий процедуру диагностики обязан использовать средства индивидуальной защиты и быть социально застрахованным.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
						120
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Заключение

В настоящее время при монтаже резервуара, а также при нарушении правил технической эксплуатации резервуаров, имеющих большие размеры и малую жесткость, неизбежны отклонения корпуса от правильной геометрической формы (выпучины, вмятины или гофры), трещины и дефекты сварных соединений. Кроме того, на резервуары оказывают разрушающе действуют некоторые компоненты нефти и нефтепродуктов (сера и сероводород), атмосферная влага. Эти вещества активно взаимодействуют с металлом и вызывают сильный коррозионный износ его.

В рамках данного дипломного проекта были достигнуты следующие результаты:

1. Проведен анализ технической документации по заданной теме.
2. Рассмотрены основные типы дефектов резервуаров, возникающие в период изготовления, транспортировки, сборки и эксплуатации резервуара.
3. Выполнены расчеты номинальной толщины стенки, остаточного ресурса стенки РВС и был определен минимальный срок службы РВС до появления микротрещин.
4. Рассмотрено, что проведение работ по диагностике РВС является типом деятельности, при которой возникает ряд вредных и опасных факторов, вследствие чего рабочий проводящий процедуру диагностики обязан использовать средства индивидуальной защиты и быть социально застрахованным.
5. Были рассмотрены существующие виды и методы диагностики резервуаров, а также предложены методы для проведения диагностики исследуемого объекта, с целью экономии бюджета и максимальной эффективностью.

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					121	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 32Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

Список использованной литературы

1. Прочность оборудования газонефтепроводов и хранилищ: учебное Пособие / А.Л. Саруев, Л.А. Саруев ; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 157 с.
2. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ.ред. 4 В.В. Клюева. Т.1: В 2 кн. Кн. Ф.Р. Соснин. Визуальный и измерительный контроль. Кн., 2.1 Ф.Р. Соснин. Радиационный контроль. - 2-е изд., испр. – М. Машиностроение, 2008. – 560 с.
3. Методы неразрушающего контроля. Неразрушающие методы контроля материалов и изделий [Электронный ресурс]: электрон, учеб.пособие / Н.В.Кашубский, А.А. Сельский, А.Ю. Смолин и др. – Электрон, дан. – Красноярск.
4. Каневский, И.Н. Неразрушающие методы контроля: учеб.пособие / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. - Владивосток: Изд – во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
5. ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.
6. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения.
7. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения.
8. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод (с Изменением N 1).
9. Радиографический контроль сварных соединений / В.М. Зуев, Р.Л. Табакман, Ю.И. Удралов – СПб.: Энергоатомюдат. Санкт-Петербургское отд-ние, 2001. -148 с.

					Технология проведения технической диагностики резервуаров вертикальных стальных типа РВС - 20000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Рубаха А.И.</i>			<i>Список используемой литературы</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					122	125
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр. 32Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В</i>						

10. ГОСТ Р 56542-2015 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
11. РД 23.020.00-КТН-279-07. Методика обследования фундаментов и оснований резервуаров вертикальных стальных.
12. Афонская Г.П. Влияние дефектов на несущую способность резервуаров– 155 - 174с.
13. Галеев В.Б. Эксплуатация стальных вертикальных резервуаров в сложных условиях - 149 - 158 с.
14. Морозов Е.М. Расчет на прочность при наличии трещин. Прочность материалов конструкций. - 319-334 с.
15. Резервуары вертикальные стальные сварные для нефти и нефтепродуктов. Техническое диагностирование и анализ безопасности: (Методические указания). – 156с.
16. Хоперский Г.Г, Прокофьев В.В. Методы ремонта элементов конструкций стальных вертикальных цилиндрических резервуаров после длительной эксплуатации.
17. РД-16.01-60.30.00-КТН-062-1-05 «Руководство по ремонту железобетонных и стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000куб. м»
18. Кондаков Г.П. Анализ причин аварий вертикальных цилиндрических резервуаров. - №5 8с.
19. Мынбаева Г.У. Анализ формирования отказов резервуаров нефтехранилищ- №1. - 18-22с.
20. Березин В.Л., Шутов В.Е. Прочность и устойчивость резервуаров и трубопроводов. – М.: «Недра», 1973, 200 с.
21. Котляревский В.А., Шаталов А.А., Ханухов Х.М. Безопасность резервуаров и трубопроводов. –М.: Изд – во «Экономика и информатика», 2000. – 555 стр. с ил.

					Список используемой литературы	Лист
						123
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

22. ГОСТ 12.1.003 -14* ССБТ Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
23. ГОСТ IEC 61140-2012 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования (с Поправкой)
24. ГОСТ Р 12.4.234-2012 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от термических рисков электрической дуги. Общие технические требования и методы испытаний
25. ПБ 03-576-2003 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением
26. РД 03-29-93 Методические указания по проведению технического освидетельствования паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды
27. РД 10-290-99 Типовое положение об ответственном за осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением
28. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности
29. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
30. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
31. ГОСТ 21.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
32. СНиП 2.04.05.86 Отопление, вентиляция и кондиционирование.

					Список используемой литературы	Лист
						124
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

33. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)
34. ГОСТ 12.1.003 2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности
35. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ Вибрационная безопасность. Общие требования
36. ГОСТ 12.1.046-85 Строительство. Нормы освещения строительных площадок
37. СанПиН 2.2.4.1294-03 Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений
38. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)
39. Р 3.5.2.2487-09 Руководство по медицинской дезинсекции

					Список используемой литературы	Лист
						125
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		