

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
«Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров»

УДК 622.692.23-025.71-034.14

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Ефимов Р.В		

Руководитель

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Черемискина Мария Сергеевна	к.т.н., доцент		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ОНД ИШПР</b>	Брусник О.В.	к.п.н., доцент		

*Планируемые результаты обучения по ООП*

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</b>		
<b>Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»</b>		
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	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11).
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16, ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромыслового оборудования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22).
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-e).

					Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Ефимов Р.В.				Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Саруев А.Л.					2	119
Консульт.					<b>ТПУ гр.2Б6А</b>		
Рук-ль ООП	Брусник О.В.						
					<b>Планируемые результаты обучения по ООП</b>		

**Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»**

Р9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>
Р10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
Р11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>

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
2Б6А	Ефимову Роману Валерьевичу

Тема работы:

«Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров»

Утверждена приказом директора (дата, номер) 28.02.2020 г № 59-81/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

(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.).

*Объектом исследования является – резервуар вертикальный стальной типа РВС 10000м<sup>3</sup>*

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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;</p> <p>2) Виды и методы диагностирования резервуаров вертикальных стальных;</p>
--	--

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

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

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Татьяна Гавриловна
«Социальная ответственность»	Черемискина Мария Сергеевна

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

<p><b>Задание выдал руководитель:</b></p>				
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Саруев А.Л.	к.т.н., доцент		

<p><b>Задание принял к исполнению студент:</b></p>			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Ефимов Роман Валерьевич		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ББА	Ефимов Роман Валерьевич

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение</b>	<b>Отделение нефтегазового дела</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Материальные затраты: 76944, Затраты на оборудование: 240000, основная заработная плата – 56347,9, дополнительная заработная плата – 6761,34 руб., отчисления на социальные нужды -17102 руб., накладные расходы – 25240 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>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.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РФ (НК РФ15) от 16.06.98, а также Трудовым кодексом РФ от 21.12.2011г. Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 27.1%; Налог на добавленную стоимость 20%</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности исследования оценки работоспособности кольцевых сварных соединений</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	31.01.2020
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		31.01.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ББА	Ефимов Роман Валерьевич		31.01.2020

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б6А	Ефимов Роман Валерьевич

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

Тема ВКР:

<b>Проведение работ по техническому диагностированию резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 м<sup>3</sup></b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект: Резервуары вертикальные стальные объемом до 10000 м<sup>3</sup></p> <p>Область применения: прием, хранение, выдача воды, нефтепродуктов, химикатов и других жидкостей</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Федеральный закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов 116-ФЗ от 21.07.1997г.</li> <li>2. ПБ 08624-03 Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности</li> <li>3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Основные требования к проведению неразрушающего контроля технических устройств, зданий и сооружений на опасных производственных объектах»</li> <li>4. Трудовой кодекс №197-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 16.12.2019)</li> </ol>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая загазованность воздушной среды</li> <li>2. Превышение уровней шума</li> <li>3. Недостаточная освещенность рабочей зоны</li> <li>4. Превышение уровней вибрации</li> </ol>



	Опасные факторы: 1. Электрический ток 2. Взрывоопасность и пожароопасность 3. Трубопроводы и оборудование под давлением
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера: выбросы паров углеводородов Гидросфера: сбросы нефти для регуляции волн давления, утечки в результате ЧП. Литосфера: загрязнение почвы отходами и мусором.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: пожар, взрыв или утечка. Наиболее типичная ЧС: пожар

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6А	Ефимов Роман Валерьевич		

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 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Состояние вопроса исследования</i>	10
	<i>Общие сведения об объекте исследования</i>	10
	<i>Анализ технических решений по строительству перехода магистрального газопровода через реку</i>	20
	<i>Расчет технических параметров газопровода</i>	15
	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
	<i>Социальная ответственность</i>	10
	<i>Заключение</i>	5
	<i>Презентация</i>	10
	<i>Итого:</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
преподаватель	Саруев А.Л.	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ОНД ИШПР</b>	Брусник О.В.	к.п.н., доцент		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 119 с., 15 рис., 12 табл., 26 формул., 41 источник

Ключевые слова: диагностика, резервуары стальные, дефект, надежность, расчеты.

Объектом исследований являются методы и виды диагностирования резервуаров вертикальных стальных типа РВС до 10000 м<sup>3</sup>.

Цель работ – Предложить методы диагностики для исследуемого РВС.

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 следующие расчеты: 1) Расчёт минимальной толщины стенки резервуара. 2) Расчёт на остаточную прочность стенки резервуара. 3) Оценка ресурса стенки резервуара

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Описан технологический расчёт параметров резервуара типа РВС, проверены на прочность элементы резервуара.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ» .....	6
ВВЕДЕНИЕ .....	15
1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....	16
1.1. Сведения об РВС .....	16
1.2 Основные параметры, характеризующие надежность резервуаров ....	17
1.3 Сведения об объекте исследования .....	18
2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ, ВИДЫ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ..	19
2.1 Визуальный и измерительный контроль.....	19
2.2 Радиографический метод контроля .....	22
2.3 Акустический контроль .....	25
2.3.1 Ультразвуковая дефектоскопия и толщинометрия .....	26
2.3.2 Акустико-эмиссионный метод контроля .....	31
2.4 Методы контроля проникающими веществами .....	38
2.4.1 Вакуумно – жидкостный метод (вакуумирование). .....	38
2.4.2 Капиллярный метод контроля .....	38
2.5 Магнитопорошковый метод контроля .....	40
2.6 Токовихревой метод.....	41
2.7 Геодезический контроль .....	43
2.8 Другие методы контроля и диагностики.....	47
2.8.1 Выявление дефектов и определение концентрации напряжений методом инфракрасной спектроскопии .....	47
2.8.2 Зондирование основания резервуара.....	48
2.8.3 Метод магнитной памяти металла.....	48
2.8.4 Механические испытания, химический анализ и металлографические исследования металла и сварных соединений .....	49
3. Дефекты резервуаров и методы их диагностирования .....	50
3.1 Классификация дефектов .....	50
3.2 Эксплуатационные повреждения .....	56
3.3 Коррозионные повреждения .....	56

3.4	Коррозионные повреждения металлоконструкций резервуара .....	59
3.5	Коррозия арматуры в бетоне .....	61
3.6	Нарушение геометрической формы резервуара .....	62
3.7	Потеря устойчивости резервуара .....	63
3.8	Обобщенные возможности методов неразрушающего контроля для выявления отдельных дефектов .....	63
4.	Техническое диагностирование резервуаров.....	67
4.1	Техническое диагностирование вертикальных цилиндрических стальных резервуаров .....	67
4.2	Диагностирование РВС объемом до 10000м <sup>3</sup> .....	70
5.	Расчет резервуарных конструкций на прочность .....	71
5.1	Определение толщины стенки резервуара.....	71
5.2	Расчет на остаточную прочность стенки резервуара .....	75
5.3	Оценка ресурса стенки резервуара .....	78
6.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	80
6.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	81
6.1.3	Технология QuaD.....	83
6.1.4	SWOT-анализ .....	85
6.2	Планирование научно-исследовательских работ .....	89
6.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	89
6.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	91
6.2.3	Разработка графика проведения научного исследования .....	92
6.3	Бюджет научно технического исследования .....	95
6.3.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	95
6.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ) .....	96
6.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	96
6.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	97
6.3.5	Отчисления во внебюджетные фонты (страховые отчисления) .....	98
6.3.6	Накладные расходы .....	98
6.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского центра .....	99

6.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	100
7.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	103
	Введение	103
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	103
7.1.1	Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	104
7.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	104
7.2	Производственная безопасность	105
7.2.1	Анализ вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению	106
7.2.2	Опасные производственные факторы	108
7.2.2.1	Электрический ток	108
7.2.2.2	Взрывоопасность и пожароопасность	109
7.2.2.3	Трубопроводы и оборудование под давлением	110
7.3	Экологическая безопасность	112
7.3.1	Защита атмосферы	112
7.3.2	Защита гидросферы	112
7.3.3	Защита литосферы	113
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	113
	Заключение	114

## ВВЕДЕНИЕ

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

А так же поэтапно рассмотрен порядок проведения работ при диагностировании резервуаров.

					Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Ефимов Р.В			Введение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					15	119
Консульт.						ТПУ гр.2Б6А		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

# 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

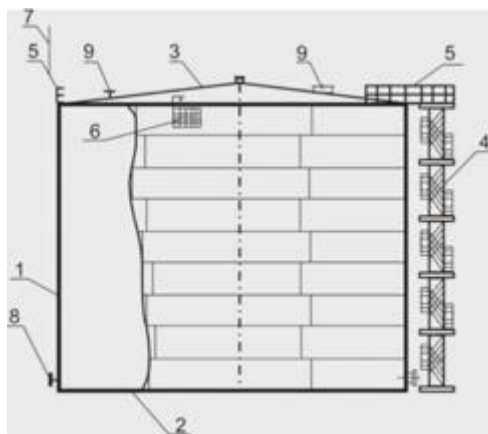
## 1.1. Сведения об РВС

Согласно ГОСТ 31385-2016 резервуар стальной вертикальный цилиндрический - наземное строительное сооружение, предназначенное для приема, хранения, измерения объёма и выдачи жидкости[4].

Резервуары объемом от 5000 до 10000 м<sup>3</sup> по степени опасности, возникающей при достижении предельного состояния, для здоровья и жизни граждан относятся согласно ко II классу – РВС повышенной опасности. Такие резервуары, предназначенные для хранения нефти и нефтепродуктов, изготавливаются по своему конструктивному исполнению 3-х видов: со стационарной крышей, со стационарной крышей и понтоном, с плавающей крышей.

В данной работе рассмотрены только резервуары со стационарной крышей.

Схема резервуара, на примере резервуара РВС-5000, приведена на Рисунке 1



- 1 - Стенка, 2 - Днище, 3 - Крыша,
- 4 - Лестница, 5 - Площадки и ограждения на крыше, 6 - Площадки и стремянки пеногенераторов, 7 – Молниеприемники, 8 - Люки и патрубки в стенке, 9 - Люки и патрубки на крыше, 10- Центральная стойка

Рисунок 1 – Схема резервуара РВС – 5000

					Общие сведения об объекте	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



## 1.2 Основные параметры, характеризующие надежность резервуаров

Согласно ГОСТ 27.002-2015[5].

**надежность:** Свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

**готовность:** Свойство объекта, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором он может выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в предположении, что все необходимые внешние ресурсы обеспечены.

**Безотказность:** Свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течении некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения.

**Ремонтопригодность:** Свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции путём технического обслуживания и ремонта[6].

*(Далее по тексту, все термины характеризующие надежность, такие как неисправность, несоответствие, дефект, срок службы и др. приведены в соответствии с ГОСТ 27.002-2015 если иное не задано явно.)*

На основании выше изложенного можно выделить основные параметры, характеризующие надежность резервуаров:

Характеристики сечений основных несущих и ограждающих конструкций;

Свойства сталей;

Качество сварных соединений;

Допуски при монтаже элементов конструкций;

Качество основания и фундамента;

					Общие сведения об объекте	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

При продвижении по участку с севера на юг рельеф постепенно изменяется, что влечет за собой изменение характера гидрографической сети. Все более расширяются заболоченные и заторфованные долины малых водотоков, становятся шире и положе долины основных рек, русла которых сильно меандрируют.

### 1.3 Сведения об объекте исследования

Резервуар вертикальный стальной цилиндрический РВС-5000.

Таблица 1. Технические характеристики объекта

Технические характеристики объекта:			
Номинальная вместимость, м <sup>3</sup>	5000	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 окраек днища, мм	8
Кол-во поясов	8	Толщина настила крыши, мм	4
Атмосферное давление, кПа	От 86 до 106,7 кПа		

## 2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ, ВИДЫ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ

### 2.1 Визуальный и измерительный контроль

Визуальный и измерительный контроль – используется на всех этапах жизненного цикла резервуара. Позволяет определять дефекты геометрии несущих и ограждающих конструкций, дефектов основного 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.

					<i>Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Ефимов Р.В..</i>			<i>Анализ существующих технологий, виды и методы диагностики</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					19	119
<i>Консульт.</i>						<b>ТПУ гр.2Б6А</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

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

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

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.

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.

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

## 2.2 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.

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

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

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). Все виды используемого в дефектоскопии излучения для краткости называют R -  $\gamma$ -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.

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

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.

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

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



иметь значения чувствительности, установленные нормативными документами.

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].

### **2.3 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.

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

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.

### 2.3.1 Ультразвуковая дефектоскопия и 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)  $10^3$  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  $C$ , 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).

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

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.

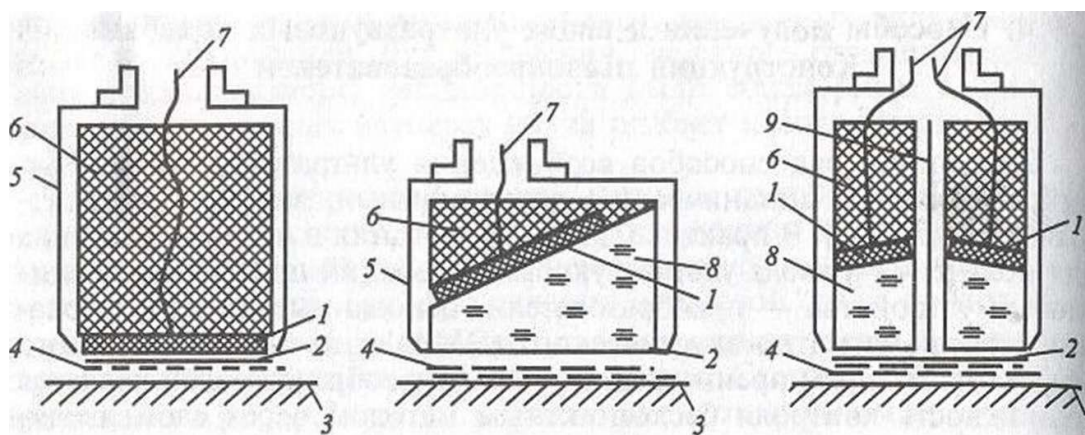
Наиболее распространенным является способ, основанный на явлении *пьезоэлектрического эффекта*. Физическая сущность этого эффекта заключается в том, что при механическом растяжении или сжатии на поверхности пластин некоторых твердых материалов появляются электрические заряды противоположного знака - 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, 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

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

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.



**Рисунок 2** - Основные типы пьезопреобразователей

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

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 двоянный наклонный ПЭП с малым углом призмы (обычно не более  $10^\circ$ ). 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 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]

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

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 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  $\pm 2$  мм) возвратно-

					<i>Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		30

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 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.

### **2.3.2 Акустико-эмиссионный метод контроля**

Метод акустической эмиссии (АЭ) относится к диагностике и направлен на выяснение состояния объектов путем определения и анализа

					<i>Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

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 (ГОСТ Р 56542-2015)[9] этот метод относится наряду с ультразвуковой дефектоскопией к классу акустических методов неразрушающего контроля. Однако он имеет принципиальное отличие от 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

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32



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.

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 квадратическое 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

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

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 повторном нагружении 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.

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.

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

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 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;

					<i>Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

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 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 актуальной 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:

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

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, 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).

## 2.4 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.

### 2.4.1 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 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/см<sup>2</sup>.

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.

### 2.4.2 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.- извещение «службы строительного контроля» о времени готовности к реализации целей проекта с предоставлением Глубина дефектов, обнаруживаемых капиллярным методом, должна

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

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 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.

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

## 2.5 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 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 цепочечные 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.

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



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.

## 2.6 Токовихревой метод

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 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

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

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 удастся выявить трещины глубиной 0,1-0,2 мм 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.

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

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.

## 2.7 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 визирного луча, создаваемого геодезическим прибором - нивелиром.

Измерение превышений определяют способом —из середины (Рисунок 3). 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.

$$h=a - в$$

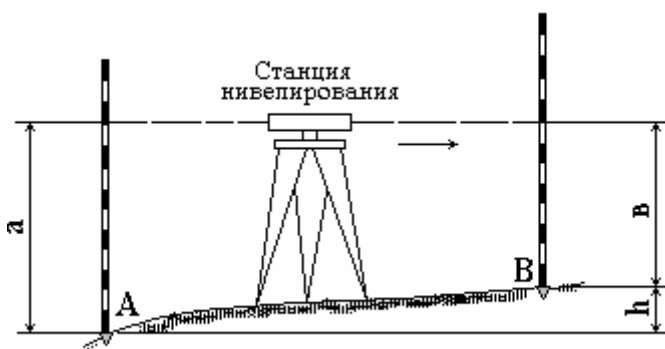


Рисунок 3 - Схема определения превышения из середины.

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 к реперам - твердым точкам - пунктам государственной опорной сети.

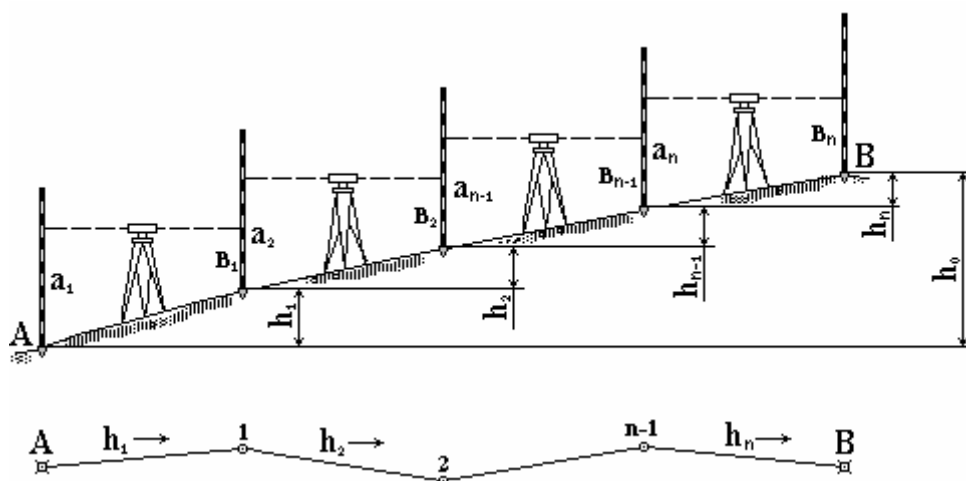


Рисунок 4 - Пример нивелирного (разомкнутого) хода.

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:

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

$$\text{где } h_1 = a_1 - v_1; h_2 = a_2 - v_2; h_n = a_n - v_n$$

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

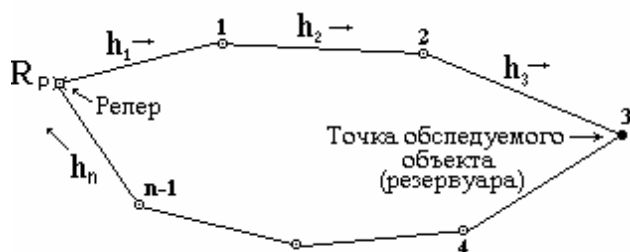


Рисунок 5 - Пример схемы замкнутого нивелирного хода. Сумма превышений в замкнутом нивелирном ходе равна нулю.

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

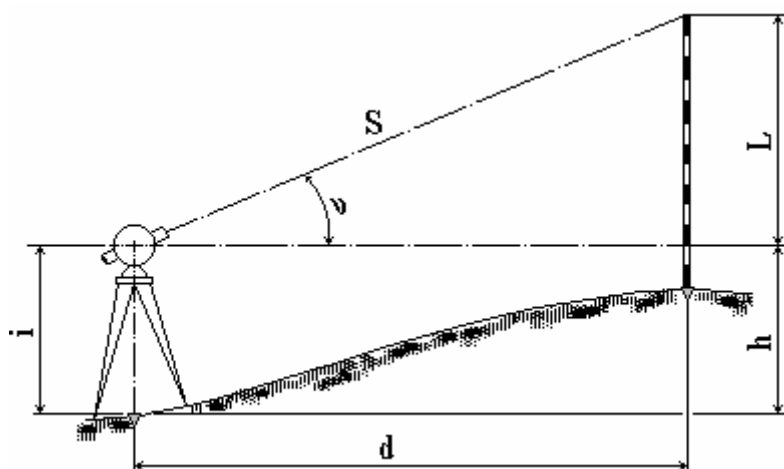


Рисунок 6 – Схема определения превышения способом тригонометрического нивелирования.

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.

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.

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

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.

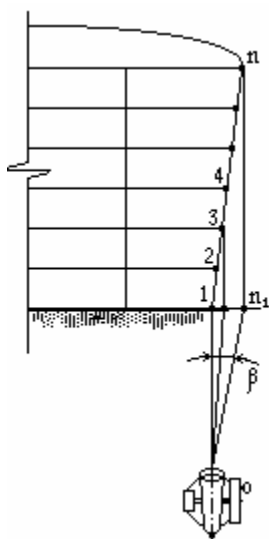


Рисунок 7 – Схема измерения горизонтальных смещений образующей стенки резервуара.

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]

## 2.8 Другие методы контроля и диагностики

### 2.8.1 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.

### **2.8.2 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 хлопуна. 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.

### **2.8.3 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.



## 2.8.4 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 проводиться непосредственно на элементах резервуара без их повреждения.

					Анализ существующих технологий, виды и методы диагностирования	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

### 3. ДЕФЕКТЫ РЕЗЕРВУАРОВ И МЕТОДЫ ИХ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

#### 3.1 Классификация дефектов

Дефект – это различные виды несоответствий требованиям нормативной документации.

На эксплуатационную надежность резервуара влияют дефекты сварных швов, дефекты геометрии резервуара, основного металла и дефекты приварных элементов[11].

Виды дефектов:

**Металлургические** – это дефект проката, вызванный неправильным режимом охлаждения, качеством инструмента (закаты, флокены, микротрещины, расслоения, нарушение геометрии).

**Заводские** – это дефекты сварки и закручивания в рулон элементов днища и стенки, перед дальнейшей транспортировкой.

**Транспортные** – это дефекты, появившиеся при транспортировке до места назначения.

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

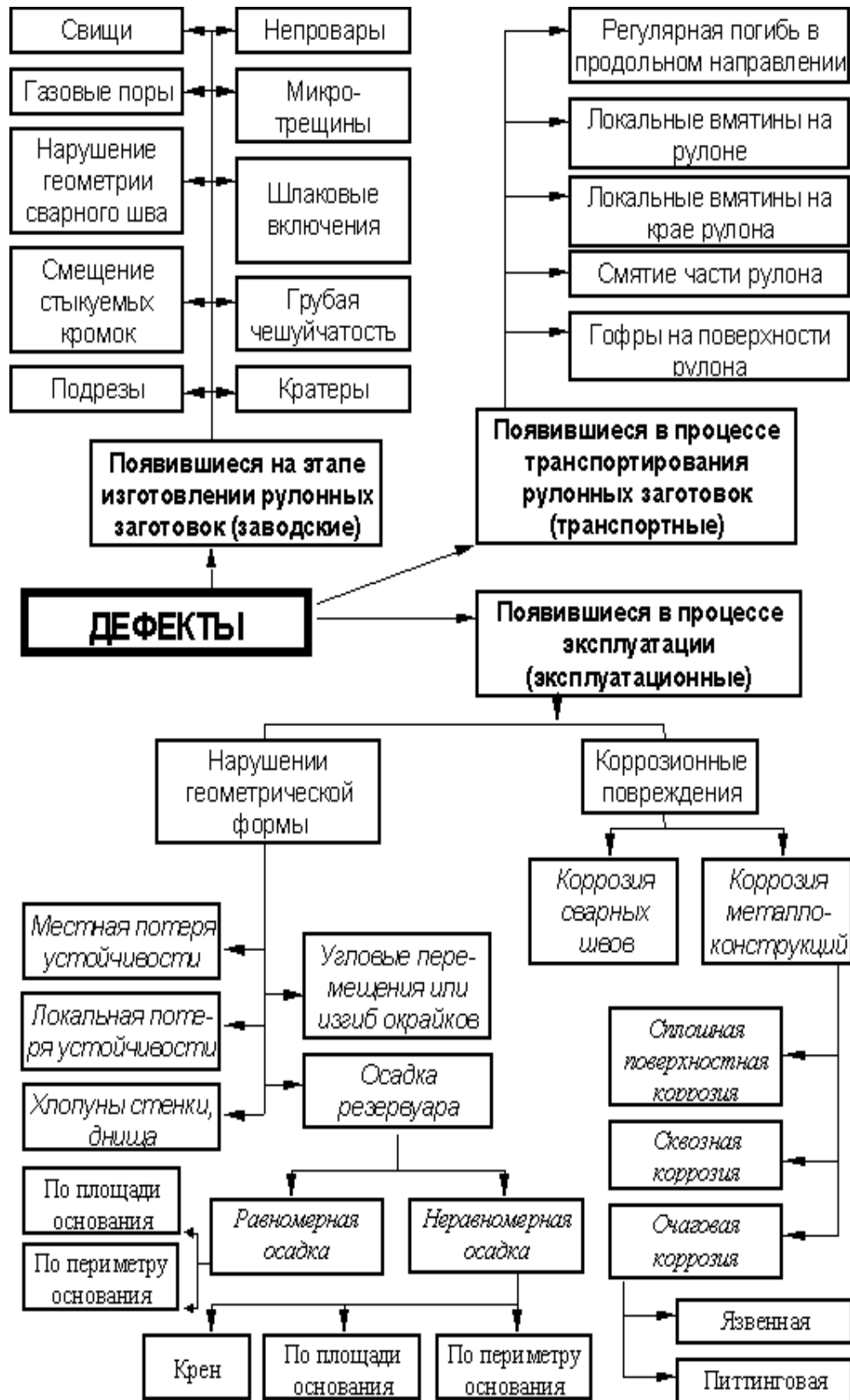
**Эксплуатационные** – это дефекты, появившиеся в процессе эксплуатации резервуара (изменение физико-механических свойств материала, механические и коррозионные повреждения, изменение геометрии).

					Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Ефимов Р.В</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>				50	119
<i>Консульт.</i>					<b>ТПУ гр.2Б6А</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>					
					<i>Дефекты резервуаров и методы их диагностирования</i>		



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Рисунок 8 - Классифицирование дефектов, влияющих на надежную эксплуатацию резервуаров.



Продолжение рисунка 8 -Классифицирование дефектов, влияющих на надежную эксплуатацию резервуаров

Дефекты металлургического характера образуются на этапе металлургического производства (при выплавке слитков, термообработке, штамповке, прокатке, и т.п.).

Наиболее часто встречаются следующие металлургические дефекты: неметаллические включения и закаты, неравномерное распределение легирующих элементов, задиры, микротрещины, расслоения, отклонение по геометрии проката.

Также, довольно часто дефекты могут возникнуть в процессе сварки, при монтажных работах и подготовке основания.

Рассмотрим основные причины возникновения дефектов сварных швов. Шлаковые включения, прожоги, кратеры, непровары, грубая чешуйчатость, газовые поры, подрезы, свищи, трещины могут возникнуть из-за ошибок персонала при выборе материала для сварки, режимов термической обработки сварочных материалов, при демонтаже и разделке металлоконструкции перед сваркой, несоблюдение режима сварки, недостаточный предварительный подогрев при отрицательных температурах или его отсутствие. В последние годы появился многоуровневый контроль за качеством выполняемых строительно-монтажных работ, который позволяет выявить дефекты до ввода резервуара в эксплуатацию.

Ряд дефектов появляются на стадии проведения строительно-монтажных работ.

Дефект в стенках стальных вертикальных резервуаров, сделанных из рулонных заготовок, объемом 5000 м<sup>3</sup> (далее РВС-5000). В таких конструкциях дефекты могут возникнуть как внутри, так и снаружи резервуара при стыковке полотнища и стенки под углом.

Данный вид дефекта опасен тем, что при заполнении или опорожнении резервуара в результате воздействия гидростатического

					<i>Дефекты резервуаров и методы их диагностирования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

давления в этих стыках возможны дополнительные местные напряжения. В угловатых монтажных швах возникают и растут вертикальные трещины малоциклового усталости при действии переменных нагрузок, определенных поочередным заполнением и опорожнением резервуаров.

Также к дефектам монтажа причислятся: неубранные части монтажных приспособлений; жесткое закрепление шахтных лестниц или газоуравнительной конструкции с резервуаром; локальные пластические деформации стенки (гофры); потери металла при разворачивании полотнища; подтягивание места окрайки к стенке резервуара перед сваркой; смещение соединительных полотнищ в вертикальной плоскости; сквозные пробои конструкций из металла монтажной техникой.

При производстве рулонных заготовок основными дефектами являются дефекты геометрии металлоконструкций и сварных швов, причины возникновения описаны выше. К этим дефектам также принято относить газовые поры, свищи, сдвиги в стыкуемых кромках, непровары, микротрещины, шлак, подрезы, грубая чешуйчатость, кратеры.

Следующие дефекты в рулонных заготовках могут возникнуть при транспортировке или нарушении технологии погрузочно-разгрузочных работ: прогибы в продольных направлениях, гофры на поверхности рулона, смятие части рулона, локальные вмятины на крае рулона.

Также дефекты классифицируют на: явные, скрытые, критические, исправимые и неисправимые, малозначительные и значительные.

При помощи специального оборудования можно определить скрытые, внутренние и поверхностные дефекты. Также некоторые поверхностные дефекты можно определить визуально.

Выявленные дефекты в зависимости от их возможного действия на служебные свойства детали делятся на: критические, значительные и малозначительные. При классификации учитываются: размеры, место

расположения дефекта, характер, качество детали или изделия, их назначение и условия эксплуатации.

Критический дефект – это дефект, при котором невозможно использовать продукцию по назначению, требованиям безопасности или надежности не соответствуют требованиям. Если дефект ощутимо влияет на долговечность продукции и её использование по назначению значительно, но не является критическим, его относят к значительным; к малозначительным относят дефекты, которые не оказывают такого влияния.

Степень опасности дефектов складывается для каждого поврежденного участка и обуславливается видом дефекта, его локализацией, геометрической формой, размером и т.д.

Исходя из этой классификации наиболее часто встречающиеся следующие дефекты:

- дефекты монтажных сварных швов;
- угловатость монтажных швов;
- недопустимые отклонения от вертикали;
- сквозные отверстия в настиле крыши;
- неравномерная осадка РВС;
- хлопуны на стенке РВС, вмятины и выпучины;
- хлопуны на днище;
- коррозионные повреждения полотнища днища;
- коррозионные повреждения утора и 1 пояса стенки;
- коррозионные повреждения окрайки.

### 3.2 Эксплуатационные повреждения

Резервуар вертикальный стальной на протяжении всего срока эксплуатации находится под воздействием многих факторов вызывающие дефекты. Это и малоцикловая нагруженность, связанная с заполнением и опорожнением резервуара; изменение условий эксплуатации связанных с внешними и внутренними нагрузками; коррозия незащищенных частей металлоконструкции под воздействием агрессивных примесей, а так же из-за ошибок проектирования и монтажа. В основном, из-за не устранения повреждений монтажа приводят к разрушениям либо сразу после ввода в эксплуатацию, либо через 15-20лет в связи с физическим износом[12].

Зоны дефектов, где наиболее активно проходят процессы накопления усталостных повреждений, являются концентраторы напряжений, поэтому, технический осмотр и своевременное устранение повреждений является неотъемлемой частью бесперебойной работой резервуара[13].

### 3.3 Коррозионные повреждения

Коррозия металла – окислительно-восстановительный процесс разрушения металла, в результате электрохимического или химического взаимодействия с окружающей средой.

Коррозионные разрушения металла считаются одной из существенных причин снижения долговечности конструкций металла. Металлы, употребляемые в резервуаростроение способны вступать во взаимодействие с окружающей средой (нефть, бензин, вода, газы), которые содержат коррозионно-агрессивные примеси, в результате их взаимодействия происходят коррозионные разрушения металла, начинающиеся с поверхности и продвигающимися вглубь металла. Изменяется цвет и вид металла, образуются язвы преимущественно красно-рыжего цвета[15].



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.

					<i>Дефекты резервуаров и методы их диагностирования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57

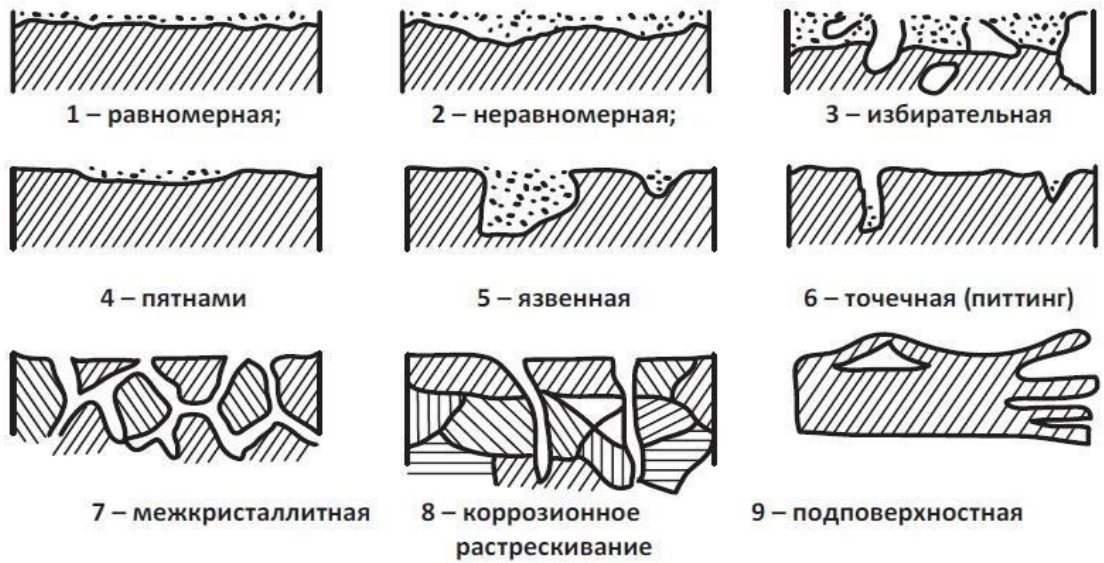


Рисунок 9 - Виды местных коррозий

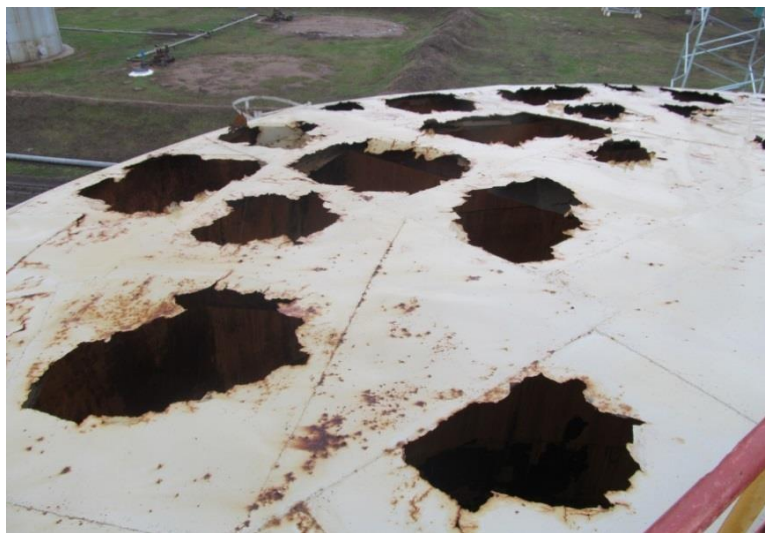


Рисунок 10 - Сквозная коррозия

### 3.4 Коррозионные повреждения металлоконструкций резервуара

В настоящее время, как на стадии строительства, так и в процессе эксплуатации недостаточно внимания уделяется коррозионной защите оборудования и металлоконструкций резервуара[16].

Одна из основных причин выхода из строя резервуара является коррозия металлических конструкций. Больше всего подвергается коррозии внутренняя поверхность, имеющая непосредственный контакт с нефтью, а именно днище резервуара; первый пояс, который имеет непосредственное соприкосновение с подтоварной водой; область уторного шва; сварные швы[17].

Кровля, крыша резервуара и верхние пояса стенки так же подвержены коррозионным повреждениям, находясь в непосредственном взаимодействии с газами, испаряющимися из нефти.

#### **Коррозионные повреждения днища:**

Коррозионные повреждения внутренней поверхности днища (рис.11)

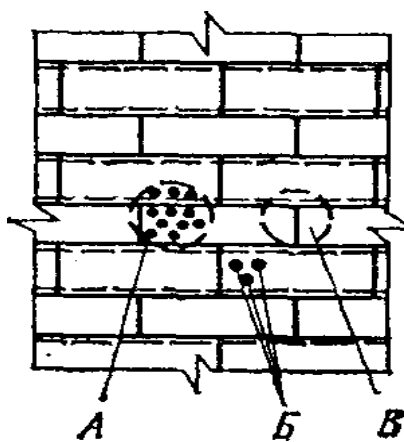


Рисунок 11 - Коррозионные повреждения площадью 1 м<sup>2</sup> отдельных листов внутренней поверхности днища — группа раковин А, точечные углубления Б глубиной более 1,5 мм и сквозные отверстия В.

Днище резервуара прокорродировано полностью (рис.12).

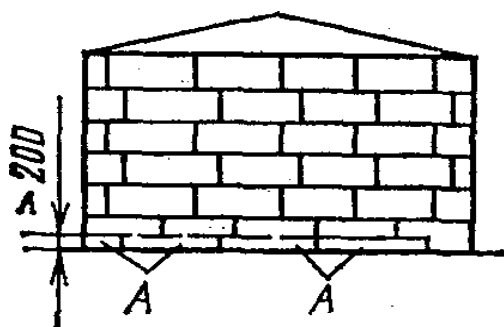


Рисунок 12– Коррозионное повреждение днища

**Примерами коррозионных повреждений стенок являются:**

Коррозия сварного шва, околошовной зоны и основного металла стенки (рис.13);

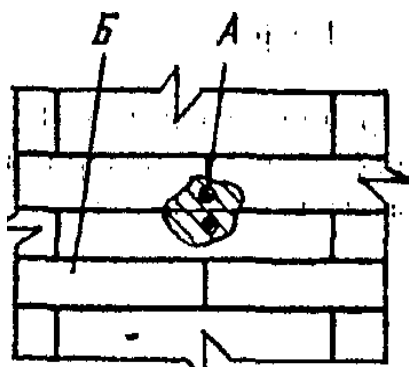


Рисунок 13 - Коррозия А сварного шва, околошовной зоны, а также основного металла стенки Б на длине не более 500 мм.

Коррозия на отдельных участках или по всей длине вертикальных и горизонтальных сварных соединений внутренней поверхности стенки резервуара. Характер данного дефекта — точечные углубления осповидного типа и группы раковин глубиной от 2 до 3 мм, переходящие в сплошные полосы.

Коррозия внутренней поверхности первого пояса стенки резервуара на значительной длине в зоне примыкания к днищу (рис.9). Характер коррозии — группы раковин глубиной до 1,5—2 мм, переходящих в сплошные полосы, а также точечные углубления осповидного типа.

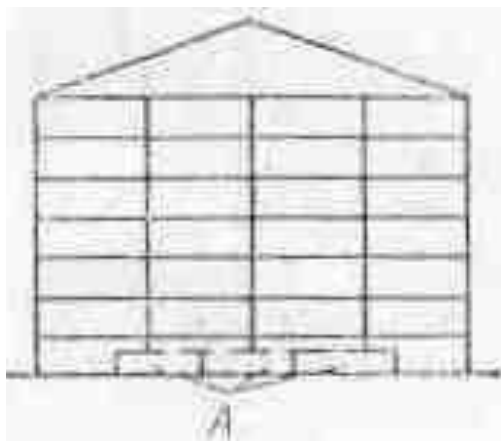


Рисунок 14 - Коррозия первого пояса стенки резервуара

Местная коррозия поверхности верхнего пояса стенки в виде группы раковин, а также сквозных поражений (рис15)

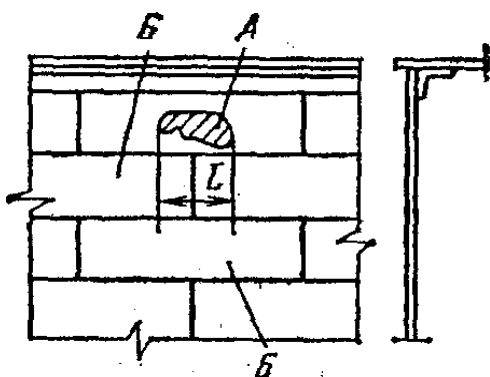


Рисунок 15 Местная коррозия А поверхности верхнего пояса стенки Б в виде группы раковин, а также сквозных поражений.

### 3.5 Коррозия арматуры в бетоне

Бетонный слой препятствует проникновению влаги, воздуха или кислотообразующих газов к арматуре. Однако, чем больше концентрация пор и наличие, каких либо разрушений, под действием агрессивных сред резко снижаются его защитные свойства. Вещества, окружающие металл непосредственно влияют на скорость коррозии[11].

Стимуляторы – вещества, повышающие скорость коррозии.

Ингибиторы – вещества, снижающие скорость коррозии.

Коррозия арматуры в бетоне это электрохимический процесс. Так как арматурная сталь, как и среда с которой она контактирует, по структуре неоднородна, то для протекания электрохимической коррозии создаются все условия.

Коррозия арматуры в бетоне возникает:

При уменьшении щелочности электролита, окружающего арматуру.

При активации действий сульфат- и хлоридионов, которые через трещины бетона могут проникнуть к арматуре. Способом защиты арматуры основан на защитном действии щелочных сред. Коррозия в щелочных растворах уменьшается за счет образования из гидрата окиси железа защитной пленки. Арматура в плотном бетоне может находиться в полной сохранности на протяжении продолжительного срока[11].

### **3.6 Нарушение геометрической формы резервуара**

В процессе эксплуатации в первую очередь необходимо проверить осадку основания резервуара, для обеспечения его безопасной работы.

Также в процессе его эксплуатации для контроля осадки РВС используют нивелирование окрайки днища по наружному периметру резервуара. По результатам нивелирования составляются акты.

Контрольное нивелирование должно проводиться раз в 5 лет. В первые несколько лет эксплуатации нивелирование нужно проводить каждый год

Нивелировка окрайки днища стальных вертикальных резервуаров проводится через 6 метров по точкам, которые совпадают с вертикальными швами из нижнего пояса резервуара, когда лист нижнего пояса имеет длину 6 метров.

Резервуар следует проходить по часовой стрелке.

Красной краской отмечают точки с указанием номера

В резервуарах, которые находятся в эксплуатации от четырех лет и более, допустимые отклонения не должны быть выше величин. Перед нивелированием с целью получения точных величин осадки

					<i>Дефекты резервуаров и методы их диагностирования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

резервуара проводится поверка геодезического инструмента, периодически осматриваются состояния марок, лестниц, реперов на запорной арматуре и разметных точек нивелирования на резервуаре

Резервуар необходимо выводить из эксплуатации после возникновения предельных величин осадки основания, значения предельной осадки устанавливаются комиссией.

Невелировка проводится организацией, которая имеет документ для проведения данного вида работ. По результатам нивелирования оформляются акты и заключения.

По индивидуальным особенностям проекта устанавливаются глубинные реперы, которые закладывают ниже линии промерзания грунта. Это делается для точного контроля осадки основания.

### **3.7 Потеря устойчивости резервуара**

На потерю устойчивости резервуара влияют такие факторы, как вакуум, снег, ветер, вес собственной конструкции и грубое нарушение режимов эксплуатации. Резервуар имеет цилиндрическую форму из тонкостенной оболочки, что означает малоустойчивость конструкции при сооружении. Стенки резервуара проверяются на общее воздействие сжатия от внешнего давления к боковой поверхности для исключения возможности возникновения аварийных ситуаций[18]. Для РВС внешнее давление определяется ветровой и снеговой нагрузкой. Если по результатам расчетов не выполняется условие прочности, то увеличивают номинальный слой стенки.

### **3.8 Обобщенные 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.

					<i>Дефекты резервуаров и методы их диагностирования</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		63

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
Токовихревой	Плоские поверхности, днища, стенки	Поверхностные и подповерхностные дефекты на глубине до 2-3 мм – трещины, закаты, включения,	Ширина дефекта более 0,5 мкм, глубина более 100 мкм, протяженность более 0,5 мм	Отчистка от грязи



Метод	Зона контроля	Тип обнаруживаемых дефектов	Выявляемость (чувствительность)	Требования к подготовке поверхности
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 <sup>2</sup> Погрешность измерения от 0,01 мм 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

Метод	Зона контроля	Тип обнаруживаемых дефектов	Выявляемость (чувствительность)	Требования к подготовке поверхности
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

## 4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ РЕЗЕРВУАРОВ

### 4.1 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.

					Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ефимов Р.В			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.				67	119
Консульт.					<b>ТПУ гр.2Б6А</b>		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					

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

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.

Таблица 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 <sup>1)</sup>	1 раз в 10 лет после ввода в эксплуатацию, последнего ремонта или через 5 лет после частичного технического диагностирования <sup>2)</sup>
	РВС, РВСП, РВСПК рулонной сборки, в том числе с теплоизоляцией	От 20 лет	1 раз в 4 года после последнего диагностирования или ремонта <sup>1)</sup>	1 раз в 8 лет после последнего ремонта или через 4 года после частичного технического диагностирования <sup>2)</sup>
	РВС, РВСП, РВСПК, РВСПА листовая 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 листовая 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 листовая сборки с теплоизоляцией	До 20 лет	1 раз в 10 лет после ввода в эксплуатацию, последнего диагностирования или ремонта <sup>1)</sup>	1 раз в 20 лет после ввода в эксплуатацию, последнего ремонта или через 10 лет после частичного технического диагностирования <sup>2)</sup>

РВС, РВСП полистовой сборки с теплоизоляцией	От 20 лет	1 раз в 5 лет после последнего технического диагностирования или ремонта <sup>1)</sup>	1 раз в 10 лет после последнего ремонта или через 5 лет после частичного технического диагностирования <sup>2)</sup>
<sup>1)</sup> 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 <sup>2)</sup> 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 8.570.2.5.1.1

## 4.2 Диагностирование РВС объемом до 10000м<sup>3</sup>

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.

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.

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.

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
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

## 5. 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

### 5.1 Определение толщины стенки резервуара

Определение методики и параметров, необходимых для расчета

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

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

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

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

$\rho_n$  – плотность нефти, кг/м<sup>3</sup> ;

$R$  – радиус стенки резервуара, м;

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

$x_i$  – расстояние от дна до расчетного уровня, м;

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

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы,  $\gamma_c = 0,7$  для нижнего пояса,

					Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Ефимов Р.В			Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					71	119
Консульт.						<b>ТПУ гр.2Б6А</b>		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

$\gamma_c = 0,8$  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:

$$R_y = \frac{R_y^n}{\gamma_m \cdot \gamma_n}$$

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

$\gamma_m = 1,025$  – 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  $R_y^n = 345$  МПа.

Вычисляем расчетное сопротивление:

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

Вычисление предварительной толщины стенки 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.

$$x_i = B(i - 1),$$



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:  $H = 12$  м;  $B = 2,0$  м;  $R = 11400$  м.

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

$x_1 = 0$  :

$$\delta_1 = \frac{[n_1 \cdot \rho_n \cdot g \cdot (H_{max} - x_1) + n_2 \cdot p_{изб}] \cdot R}{\gamma_c \cdot R_y} =$$

$$= \frac{[1,05 \cdot 900 \cdot 9,81 \cdot (12,0 - 0) + 1,2 \cdot 2000] \cdot 11,4}{0,7 \cdot 293 \cdot 10^6} \approx 0,00631 \text{ м} \approx 6,31 \text{ мм.}$$

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 табл. 4

Таблица 4. Толщина стенки поясов резервуара

Номер пояса	Толщина стенки	Номер пояса	Толщина стенки
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:

$$\delta_{ном} \geq \max(\delta_i + C_i + \Delta; \delta_{кс}),$$

где  $C_i$  – припуск на коррозию, мм;

$\Delta$  – 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 представляется необходимо выбирать 2–3 мм.

В табл. 5 приводятся все данные для выбора номинального размера толщины стенки

Номер пояса	$\delta_i, \text{мм}$	$C_i, \text{мм}$	$\Delta_i, \text{мм}$	$\delta_i + C_i + \Delta_i$	$\delta_{kc}$	$\delta_n$
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

Таблица 5. Номинальная толщина стенки

## 5.2 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:

$$\sigma_{\max} = \frac{(\gamma_{f,0} \cdot \rho \cdot (H - x) + \gamma_{f,s} \cdot P_s) \cdot R_p}{\gamma_c \cdot \gamma_m}$$

$\sigma_{max}$ , (кгс/мм) - расчетные максимальные кольцевые напряжения;

$\gamma_{f,0} = 1,1$  - коэффициент надежности по гидростатическому давлению [3];

$\rho = 9 \cdot 10^{-7}$  - (кгс/мм<sup>3</sup>) - 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;  $R_p = 11,400$  (М) - радиус резервуара;

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

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

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

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

Где:

$\sigma = \gamma_c \cdot (R_{un} / \gamma_m) = 0,8 \cdot (46 / 1,1) = 33,4545$  , (кгс/см<sup>2</sup>) - допускаемое напряжение для стали 09Г2С;

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

$\gamma_c = 0,8$  - коэффициент условий работы резервуара по [19];

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

В таблице 6. приведены результаты расчетов максимальных кольцевых напряжений в каждом поясе резервуара по результатам толщинометрии и учетом недопустимых дефектов выявленных

					Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

визуальным контролем и дефектоскопией на наружной поверхности стенки корпуса резервуара.

Таблица 6. 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 $H = 10400$ мм (кгс/мм <sup>2</sup> )	Кольцевые напряжения стенки резервуара при $H = 9000$ мм (кгс/мм <sup>2</sup> )	Допускаемое значение напряжения для стали (кгс/мм <sup>2</sup> )
300	8,4	36,45	32,3	33,45
1800	7,8	25,66	21,54	33,45
3300	7	22,45	17,15	33,45
4800	6,1	17,26	11,28	33,45
6300	6	12,57	5,87	33,45
7800	5,9	7,91	0,5	33,45
9300	6,1	3,53	-2,09	33,45

Условие прочности (8) при максимальной высоте налива продукта  $H = 10400$  мм (с учетом язвенных коррозионных повреждений стенки резервуара) не выполняется для листов 1 пояса стенки корпуса резервуара. При максимальной высоте налива продукта  $H = 9000$  мм условие прочности (8) выполняется для всех поясов стенки резервуара.

По результатам расчета кольцевых напряжений с учетом фактической толщины листов стенки корпуса (с учетом язвенных коррозионных повреждений стенки) резервуара РВС-5000 уровень максимально допустимого налива продукта  $H = 9000$  мм.

### 5.3 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»:

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

И

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

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

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

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

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

$\sigma_{-1}$  - предел выносливости для материала стенки, для стали 09Г2С  $\sigma_{-1} = 120$  МПа;

$\varphi_c$  - коэффициент, учитывающий снижение характеристик 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
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

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];  $\sigma_n$  (МПа)- максимальные напряжения в стенке резервуара *Таблица 6*.

Подставляем значения параметров в формулы (9) и (10):

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

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

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:

$$N = N_0 \cdot (1 - \beta_{kc}), \text{ (11) где:}$$

$\beta_{kc} = \lambda \cdot \lg N_0$ . 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  $n=48$  циклов в год составляет:

$$T = 4028 \cdot (1 - 0,1 \cdot \lg 4028) = 53 \text{ года.}$$

## 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 6.1.1 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. Данный исследовательский проект применяется исключительно в нефтетранспортных предприятиях, на которых эксплуатируются РВС. Географическое положение играет малую роль в применении исследовательского проекта. Данная исследовательская работа может быть использована для любых предприятий, которые эксплуатируют РВС.

На рисунке 1 представлена карта сегментирования рынка предоставляемых услуг для крупных и средних нефтетранспортирующих предприятий.

					Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Ефимов Р.В			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Саруев А.Л.					80	118
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.2Б6А		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						



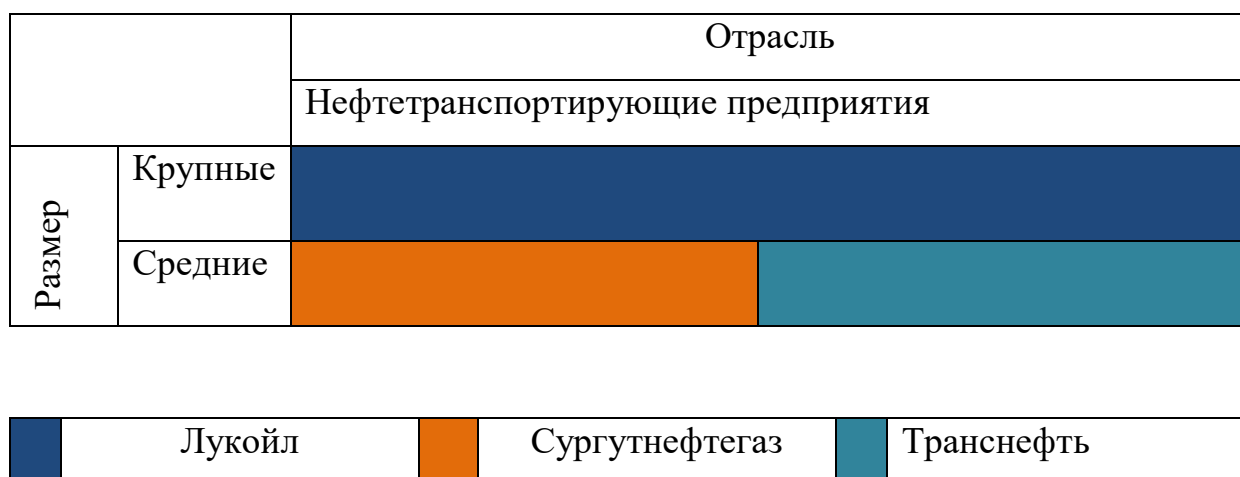


Рисунок 1 – карта сегментирования рынка предоставляемых услуг

По рисунку 1 можно сделать вывод, что основными наиболее перспективными сегментами нефтетранспорта являются предприятия всех размеров.

### 6.1.2 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 1.

Таблица 1 – оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к</sub>
1	2	3	4	5	6
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
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
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
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:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – 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.

### 6.1.3 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 2 – оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
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
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
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:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (2)$$

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.

### 6.1.4 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 3 – матрица SWOT

	<b>Сильные стороны проекта:</b>	<b>Слабые стороны проекта:</b>
	<p>С1. Методика позволяет экономить средства</p> <p>С2. Многоуровневый подход к оценке</p> <p>С3. Методика позволяет оценить</p>	<p>Сл1. Необходимость обширного внедрения методики.</p> <p>Сл2. Затраты времени на проведение оценки.</p>

	<p>работоспособность соединений</p> <p>С4.</p> <p>Квалифицированный персонал</p>	
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Внедрение в структуры нефтетранспорта</p> <p>В2. Появление спроса на продукт</p> <p>В3. Уменьшение значимости конкурентной продукции</p>	<p>Проект позволяет сэкономить средства на обслуживание резервуаров что обеспечивает спрос на продукт.</p> <p>Наличие комплексного подхода к диагностированию резервуаров обеспечивает ей внедрение в структуры нефтетранспорта.</p>	<p>Внедрение методики может занять продолжительное время.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Изменение требований и норм в области качества сварных соединений</p> <p>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 4. 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 4 – 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	-	+		

В таблице 5 представлена итоговая SWOT-матрица.

Таблица 5 –матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны проекта:</b></p> <p>С1.Методика позволяет экономить средства</p> <p>С2.Многоуровневый подход к оценке</p> <p>С3. Методика позволяет оценить работоспособность соединений</p> <p>С4. Квалифицированный персонал</p>	<p><b>Слабые стороны проекта:</b></p> <p>Сл1. Необходимость обширного внедрения методики.</p> <p>Сл2. Затраты времени на проведение оценки.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Внедрение в структуры нефтетранспорта</p> <p>В2. Появление спроса на продукт</p> <p>В3. Уменьшение значимости конкурентной продукции</p>	<p>Проект позволяет сэкономить средства на обслуживание резервуаров что обеспечивает спрос на продукт.(В2, С1)</p> <p>Наличие комплексного подхода к диагностированию резервуаров обеспечивает ей внедрение в структуры нефтетранспорта.</p>	<p>Внедрение методики может занять продолжительное время. (В1, Сл2,Сл1)</p>



<b>Угрозы:</b>	При изменении норм в области качества сварных соединений применение методики окажется невозможным без изменения положений методики (У1, С2).	Из-за больших временных затрат на проведение диагностики оборудованием может привести к невозможности применения методики.(У2, Сл2)
У1. Изменение требований и норм в области качества сварных соединений		
У2. Недостаточная распространенность и дороговизна современных приборов неразрушающего контроля		

По результатам SWOT-анализа можно сделать вывод, что у разрабатываемого проекта много сильных сторон, которые у mažают значение слабых сторон. Сделан вывод, что технологии конкурентоспособны, несмотря на угрозы.

## 6.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 6.2.1 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 6.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Таблица 6 – 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	Бакалавр
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Бакалавр
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Анализ существующей методики оценки работоспособности	Бакалавр
	6	Проведение расчетов	Бакалавр
	7	Оценка адекватности расчетов реальному процессу	Бакалавр
	8	Оценка влияния технологических параметров на работоспособность продукта	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Бакалавр
	10	Определение целесообразности проведения процесса	Руководитель, Бакалавр
	11	Оформление пояснительной записки	Бакалавр
	12	Разработка презентации	Бакалавр

## 6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{мини} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (3)$$

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

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

$t_{маxi}$  – 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  $T_p$ , 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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4)$$

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

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

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

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

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{махи}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел. -дн};$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i} = \frac{1,8}{1} = 1,8 \text{ дн.}$$

### 6.2.3 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (6)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48, \quad (7)$$

где  $T_{кал}$  – количество календарных дней в 2020 году;

$T_{вых}$  – количество выходных дней в 2020 году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в 2020 году.

Временные показатели и календарный план-график представлены в таблицах 7 и 8 соответственно.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 7 – временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ												Исполнители, количество			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел. - дни			$t_{max}$ , чел. - дни			$t_{ож}$ , чел. - дни														
	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.	исп.			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Составление и утверждение технического задания	2	3	4	4	5	6	3	4	5	1	2	3	Руководитель	3	4	5	4	6	7		
Подбор и изучение материалов по теме	12	14	16	14	15	18	13	14	17	13	14	17	Бакалавр	13	14	17	19	21	25		
Выбор направления исследований	4	6	7	7	8	10	5	7	8	5	7	8	Руководитель, Бакалавр	3	3	4	4	5	6		
Календарное планирование работ по теме	5	6	7	8	9	10	6	7	8	6	7	8	Руководитель, Бакалавр	3	4	4	5	5	6		
Анализ существующей методики оценки работоспособности	10	11	13	11	13	15	10	12	14	10	12	14	Бакалавр	10	12	14	15	17	20		
Проведение расчетов	8	10	12	10	12	14	9	11	13	9	11	13	Бакалавр	9	11	13	13	16	19		
Оценка адекватности расчетов реальному процессу	5	6	7	6	7	8	5	6	7	5	6	7	Бакалавр	5	6	7	8	9	11		
Оценка влияния технологических параметров на работоспособность продукта	5	6	7	7	8	9	6	7	8				Бакалавр	6	7	8	9	10	12		
Оценка эффективности полученных результатов	5	6	7	6	7	8	5	6	7	5	6	7	Руководитель, Бакалавр	3	3	4	4	5	5		
Определение целесообразности проведения процесса	5	6	9	7	10	12	6	8	10	6	8	10	Руководитель, Бакалавр	3	4	5	4	6	8		
Оформление пояснительной записки	7	8	9	9	10	11	8	9	10	8	9	10	Бакалавр	8	9	10	12	13	15		
Разработка презентации	2	3	4	4	5	6	3	4	5	3	4	5	Бакалавр	3	4	5	4	6	7		
Итого, дн.												100	119	141							

Таблица 8 – календарный план-график проведения НИОКР по теме

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

## 6.3 Бюджет научно технического исследования

### 6.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчёт стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включаем транспортно-заготовительные расходы, составляющие 5 % от цены (таблица 9).

Таблица 9 – сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Ед. измерения	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага	пачка	1	310	310
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
Персональный компьютер	шт.	2	35000	70000
Электроэнергия	КВт	200	3,5	700
Интернет	Гб	150	12	1800
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				3664
Итого				76944

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

### 6.3.2 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 10.

Таблица 10 – затраты на оборудование

№	Наименование	Количество	Цена, тыс. руб.	Общая стоимость, тыс. руб.
1	ВД-70 вихретоковый дефектоскоп	1	240	240
Итого				240

### 6.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

Таблица 11 – 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
Бакалавр	-	-	-	1,3	-	-	141	-

Где  $Z_б$  – базовый оклад;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент;



$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_p$  – районный коэффициент (для г. Томск  $k_p= 1,3$ );

$Z_m$  – месячный должностной оклад работника;

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником;

$Z_{осн}$  – основная заработная плата.

### 6.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (8)$$

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

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

В таблице 12 указаны данные о дополнительной заработной плате.

Таблица 12 – дополнительная заработная плата

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

### 6.3.5 Отчисления во внебюджетные фонты (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (9)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды ( $k_{внеб} = 0,271$ ).

Таблица 13 – 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	0,271	
Отчисления, руб.	15270	1832
Итого	17102	

### 6.3.6 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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{НР}}, \quad (10)$$

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

Принимаем величину накладных расходов в размере 18 %.

Рассчитаем накладные расходы:

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

### 6.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского центра

Рассчитанная 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 14 – 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

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (14)$$

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (15)$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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 15 – 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

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

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

$$I_{p-исп1} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 = 3,5.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки  $I_{исп.1}$  определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-испi}}{I_{финi}}. \quad (12)$$

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}. \quad (13)$$

Таблица 16 – 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.

## 7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

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 факторов и чрезвычайных ситуаций.

### 7.1 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.

					Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Ефимов Р.В			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					103	119
Консульт.						ТПУ гр.2Б6А		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

### **7.1.1 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.

### **7.1.2 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
						104
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## 7.2 Производственная безопасность

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

### 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[38] ГН 2.2.5.3532-18[39]
2. Превышение уровней шума	+	ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ[31] ГОСТ 12.1.003 2014[20]
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	ГОСТ 12.1.046- 85[34]
4. Превышение уровней вибрации	+	ГОСТ 12.1.012-90 СБТ[33]
5. Электрический ток	+	ГОСТ ИЕС 61140-2012[21]

6. Взрывоопасность и пожароопасность	+	ГОСТ 12.1.010-76[40] ГОСТ 12.1.004-91[41]
7. Трубопроводы и оборудование под давлением	+	ПБ 03-576-2003 32[23] РД 03-29-93[24]

## 7.2.1 Анализ вредных 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.

### 7.2.1.1 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 мг/м<sup>3</sup>, для нефти ПДК

					Социальная ответственность	Лист
						106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

равно 300 мг/м<sup>3</sup>. Нефть по санитарным нормам относится к 4-му классу опасности (малоопасные вредные вещества со значением ПДК в пересчете на углерод) – 300 мг/м<sup>3</sup>. 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.

### **7.2.1.2 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.

					Социальная ответственность	Лист
						107
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### **7.2.1.3 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.

### **7.2.1.4 Превышение уровней вибрации**

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

## **7.2.2 Опасные производственные факторы**

### **7.2.2.1 Электрический ток**

Класс опасности по ПУЭ при проведении работ по реконструкции внутри резервуара В-1Г, категория опасности А. Зоны класса В-1г - пространства у

					Социальная ответственность	Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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-Г 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 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.

### **7.2.2.2 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

					Социальная ответственность	Лист
						109
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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;
- 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.

### **7.2.2.3 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

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

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 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.).

					Социальная ответственность	Лист
						111
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 7.3 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.

### 7.3.1 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.

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.

### 7.3.2 Защита гидросферы

Значительное отрицательное воздействие на гидросферу оказывают разливы нефти, которые могут быть связаны с несоблюдением норм технической безопасности, а так-же 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 соприкосновению с нефтью впитывают её, образуя комья до

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



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.

### **7.3.3 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 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

## **7.4 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.

					Социальная ответственность	Лист
						113
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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».

## **Заключение**

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.

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе проведен анализ технической документации по заданной теме.

Рассмотрены основные типы дефектов резервуаров, возникающие в период изготовления, транспортировки, сборки и эксплуатации резервуара.

Были предложены методы для проведения диагностики исследуемого объекта, с целью экономии бюджета и максимальной эффективностью

А так же произведены расчеты номинальной толщины стенки, остаточного ресурса стенки РВС и был определён минимальный срок службы РВС до появления микротрещин при заполнении его 48 раз в год, который составляет 53 года

Условие прочности (4) при максимальной высоте налива продукта  $H = 10400$  мм (с учетом язвенных коррозионных повреждений стенки резервуара) не выполняется для листов 1 пояса стенки корпуса резервуара, при максимальной высоте налива продукта  $H = 9000$  мм условие прочности (4) выполняется для всех поясов стенки резервуара, следовательно РВС-5000 уровень максимально допустимого налива продукта  $H = 9000$  мм.

					Обеспечение выполнения работы по диагностике резервуаров вертикальных стальных объемом до 10000 кубических метров		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Ефимов Р.В</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>				115	119
<i>Консульт.</i>					<b>ТПУ гр.2Б6А</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>					
					Заключение		

## Список использованной литературы

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. 4 В.В. Ключева. 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 е.: ил.
2. 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.
3. Каневский, И.Н. Неразрушающие методы контроля: учеб. пособие / И.Н. Каневский, Е.Н. Сальникова. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
4. ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.
5. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения.
6. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения.
7. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод (с Изменением N 1).
8. Радиографический контроль сварных соединений / В.М. Зуев, Р.Л. Табакман, Ю.И. Удралов - СПб.: Энергоатомюдат. Санкт-Петербургское отделение, 2001. -148 е.: ил.
9. ГОСТ Р 56542-2015 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
- 10.РД 23.020.00-КТН-279-07. Методика обследования фундаментов и оснований резервуаров вертикальных стальных.
- 11.Афонская Г.П. Влияние дефектов на несущую способность резервуаров– 155 - 174с.
- 12.Галеев В.Б. Эксплуатация стальных вертикальных резервуаров в сложных условиях - 149 - 158 с.
- 13.Морозов Е.М. Расчет на прочность при наличии трещин. Прочность

					Список литературы	Лист
						116
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

материалов конструкций. - 319-334 с.

14. Резервуары вертикальные стальные сварные для нефти и нефтепродуктов. Техническое диагностирование и анализ безопасности: (Методические указания). – 156с.
15. Хоперский Г.Г, Прокофьев В.В. Методы ремонта элементов конструкций стальных вертикальных цилиндрических резервуаров после длительной эксплуатации.
16. РД-16.01-60.30.00-КТН-062-1-05 «Руководство по ремонту железобетонных и стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 куб. м»
16. Кондаков Г.П. Анализ причин аварий вертикальных цилиндрических резервуаров. - №5 8с.
17. Мынбаева Г.У. Анализ формирования отказов резервуаров нефтехранилищ- №1. - 18-22с.
18. Березин В.Л., Шутов В.Е. Прочность и устойчивость резервуаров и трубопроводов. – М.: «Недра», 1973, 200 с.
19. Котляревский В.А., Шаталов А.А., Ханухов Х.М. Безопасность резервуаров и трубопроводов. –М.: Изд-во «Экономика и информатика», 2000. – 555 стр. с ил.
20. ГОСТ 12.1.003 -14\* ССБТ Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
21. ГОСТ ИЕС 61140-2012 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования (с Поправкой)
22. 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

					Список литературы	Лист
						117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 23.ПБ 03-576-2003 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением
- 24.РД 03-29-93 Методические указания по проведению технического освидетельствования паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды
- 25.РД 10-290-99 Типовое положение об ответственном за осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности при эксплуатации сосудов, работающих под давлением
- 26.ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности
- 27.ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
- 28.СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
- 29.ГОСТ 21.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
- 30.СНиП 2.04.05.86 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
- 31.ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N1)
- 32.ГОСТ 12.1.003 2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности
- 33.ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ Вибрационная безопасность. Общие требования
- 34.ГОСТ 12.1.046-85 Строительство. Нормы освещения строительных площадок
- 35.СанПиН 2.2.4.1294-03 Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений

					Список литературы	Лист
						118
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 36.ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)
- 37.Р 3.5.2.2487-09 Руководство по медицинской дезинсекции
38. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)
39. ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
40. ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие требования (с Изменением N 1)
41. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1)

					Список литературы	Лист
						119
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		