

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

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 Нефтегазовое дело

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
«Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ»
УДК <u>622.692.23:620.19-047.32</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Волков Д. Э.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Никульчиков В. К.	к.т.н, доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Макашева Ю.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Н.С.			

**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 программе бакалавриата*

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<b><i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i></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	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).</i>
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i>
<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	<i>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).</i>
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	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).</i>
<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	<i>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).</i>
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромышленного оборудования	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22).</i>
<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	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).</i>
<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	<i>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-е).</i>
<b>Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»</b>		
P9	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>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
P10	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>
P11	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>

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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 Нефтегазовое дело

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП ОНД ИШПР  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) Брусник О.В.  
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4Б	Волкову Дмитрию Эдуардовичу

Тема работы:

«Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ»
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)
---

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, объемом 20000 м<sup>3</sup>. В резервуаре, в непрерывном режиме хранятся нефть и нефтепродукты. Объект относится к технологическому сооружению повышенной опасности, требующих особых условий эксплуатации.

<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>Провести аналитический обзор современных методов устранения дефектов резервуаров и выбрать наиболее оптимальную технологию применительно к объекту исследования. Выполнить технологические расчеты геометрических параметров резервуара, определить толщины всех поясов, провести расчет стенки резервуара на устойчивость.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схемы видов дефектов резервуара; Условные схемы различных оборудований для обнаружения дефектов резервуара.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Макашева Ю.С., ассистент</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Абраменко Н.С., ассистент</p>
<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>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Никульчиков В.К.	к.т.н.		21.02.2018 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Волков Д.Э.		21.02.2018 г.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б4Б	Волкову Дмитрию Эдуардовичу

<b>Институт</b>	<b>Природных ресурсов</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТХНГ</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

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

1. <i>Стоимость ресурсов для обеспечения выполнения работ по замене подводного перехода методом наклонно-направленного бурения.: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>В данном разделе ВКР необходимо представить: сравнительный анализ исследованных методов диагностик, применяемых на резервуарных парках. Раздел ВКР должен включать: методику расчёта показателей; исходные данные для расчёта и их источники; результаты расчётов и их анализ.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочнику Единых норм времени (ЕНВ) и др</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 18%</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Расчет нормативной продолжительности выполнения работ</i>	<i>Сравнение современного метода диагностики резервуара с традиционными. Расчет экономической эффективности метода лазерного сканирования.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета строительных работ</i>	<i>Расчет экономической эффективности метода лазерного сканирования.</i>

**Перечень графического материала:**

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
ассистент	Макашева Ю.С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Б4Б	Волков Дмитрий Эдуардович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б4Б	Волкову Дмитрию Эдуардовичу

<b>Институт</b>	Природных ресурсов	<b>Кафедра</b>	Транспорта и хранения нефти и газа
<b>Уровень образования</b>	бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<b>Объектом исследования</b> является резервуар вертикальный стальной, объемом 20000м <sup>3</sup> <b>Исследования могут применяться</b> при выполнении работ по обнаружению дефектов резервуаров вертикальных стальных.
--	---

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)</li> </ul>	<p><b>Выявить факторы</b> рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования), характеризующие процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой со стороны их:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>вредных</b> проявлений (метеоусловия, освещение, шумы, вибрация, вредные вещества, физические нагрузки);</li> <li>– <b>опасных</b> проявлений (механическая природа, термические проявления, электрические, пожарная и взрывная природа).</li> </ul> <p>Выявить работы, которые могут стать источниками вредных производственных факторов.</p> <p><b>Определить нормативные значения</b> действия вредных и опасных факторов на организм человека и методы уменьшения воздействия на организм.</p> <p><b>Предложить мероприятия</b> по уменьшению воздействия каждого из факторов.</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p><b>Выполнить анализ воздействия</b> выполняемых работ на объекты атмосферы, гидросферы и литосферы.</p> <p>Определить возможности негативного воздействия на селитебную зоны и мероприятия по его минимизации.</p> <p><b>Предложить мероприятия</b> по уменьшению воздействия выполняемых работ на атмосферу, гидросферу и литосферу.</p>

<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p><b>Определить возможные ЧС</b> и возможные причины их возникновения.</p> <p><b>Рассмотреть основные сценарии</b> возникновения ЧС и их последствия. Определить наиболее вероятный сценарий.</p> <p><b>Предложить меры по обеспечению безопасности</b> сотрудников и минимизации вероятности возникновения наиболее вероятной ЧС.</p>
<p><b>4. 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>	<p>Привести характерные для выполняемой производственной деятельности нормы трудового законодательства, требования к продукции и материалам, с которым непосредственно контактирует человек, и которые могут нанести ущерб здоровью.</p> <p>Нормативно-правовые документы, в соответствии с которыми необходимо проводить контроль обеспечения безопасности сотрудников.</p>
<p><b>Перечень расчетного и графического материала</b></p>	

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Н.С.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4Б	Волков Дмитрий Эдуардович		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 98 страниц, 20 рисунков, 18 таблиц, 32 источника.

*Ключевые слова:* резервуар, резервуарный парк, анализ, дефекты, технологическое оборудование, современные методы.

*Объектом исследования является:* Резервуар вертикальный стальной объемом 20000 м<sup>3</sup>.

*Цель работы* – Рассмотрение современных методов обнаружения дефектов на резервуарах вертикальных стальных.

*В процессе исследования проводились:* обзор основных видов резервуаров; обзор дефектов, возникающих при эксплуатации резервуаров вертикальных стальных; аналитический обзор современных методов регистрации дефектов на резервуарных парках; расчеты геометрических параметров резервуара, расчет его прочности и устойчивости;

*В результате исследования:* выбран наиболее оптимальный и целесообразный метод обнаружения дефектов на резервуарах вертикальных стальных; выполнены расчеты геометрических параметров резервуара, расчет его прочности и устойчивости;

*Область применения:* Резервуарные парки для хранения нефтепродуктов.

*Экономическая эффективность/значимость работы.*

Расчет экономической эффективности внедрения метода лазерного сканирования и обоснования целесообразности введения данного метода для диагностических работ на резервуарных парках.

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ			
Разраб.		Волков Д.Э.		01.06.18	Реферат	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Никульчиков В.К.		01.06.18		ДР	1	98
Консульт.						ОНД ИШПР Группа 2Б4Б		
Руководитель в ООП		Брусник О.В.		01.06.18				

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

### Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**Резервуар** - емкость, предназначена для хранения, приема, откачки и измерения объема нефти

**Резервуарный парк** - группа резервуаров наземных и подземных, заглубленных в грунт или обсыпанных грунтом, предназначенных для хранения нефти и нефтепродуктов, размещенных на территории, ограниченной по периметру обвалованием или ограждающей стенкой.

**Ремонт резервуара** - комплекс мероприятий по восстановлению технико-эксплуатационных характеристик с заменой или восстановлением элементов конструкций резервуара и оборудования с выводом резервуара из технологического режима работы и его зачисткой.

**Техническое диагностирование** - комплекс мероприятий по определению технического состояния резервуара, характера, места и причин возникновения обнаруженных дефектов и предоставлению данных для последующего анализа с целью назначения ремонта и (или) установления срока безопасной эксплуатации резервуара до проведения очередного комплекса таких мероприятий

**Техническое состояние** - состояние оборудования и конструкций резервуара, которое характеризует их соответствие проекту, технической

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ				
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата		Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Литера	Лист	Листов
Разраб.		Волков Д.Э.		01.06.18			ДР	2	98
Руковод.		Никульчиков В.К.		01.06.18			ОНД ИШПР Группа 2Б4Б		
Консульт.									
Руководитель ООП		Брусник О.В.		01.06.18					

документации, регламентам, нормам и правилам.

**Дефектный участок элемента конструкции резервуара** - дефектный участок листа окраек, центральной части днища, стенки, настила кровли или элемента несущих конструкций кровли резервуара, патрубков, трубопроводов,

**Дефект, подлежащий ремонту** - каждое отдельное несоответствие нормативным документам: сварных швов, основного металла конструкции резервуара, геометрических форм резервуара, а также соединительные, конструктивные детали и приварные элементы, не соответствующие нормативной документации.

**Потеря металла** - локальное уменьшение номинальной толщины элемента конструкции резервуара (стенки, днища, кровли, понтона) в результате механического или коррозионного повреждения, или обусловленное технологией изготовления.

**Расслоение** - внутреннее нарушение сплошности металла технологического происхождения в продольном и поперечном направлениях, разделяющее металл на слои.

**Равномерная осадка основания** - равные по площади и по периметру отклонения отметок днища и окраек.

**Неравномерная осадка основания** - неравномерные по площади и по периметру отклонения отметок днища и окраек.

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

**Срок службы** - срок безопасной эксплуатации резервуара (в годах) на допустимых параметрах, установленных по результатам технической

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		3

диагностики, от момента его технической диагностики до проведения следующей технической диагностики или ремонта

**Сокращения:**

**МН** – магистральные нефтепроводы

**ОАО** – открытое акционерное общество

**РНУ** – районное нефтепроводное управление

**УМН** – управление магистральных нефтепроводов

**НУ** – нефтепроводное управление

**НБ** – нефтебаза

**НПС** – нефтеперекачивающая станция

**РВС** – резервуар вертикальный стальной

**РВСП** – резервуар вертикальный стальной с понтоном

**РВСПК** – резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей

**МТР** – материально-технические ресурсы;

**НТД** – нормативно-техническая документация;

**СИЗ** – средства индивидуальной защиты;

**ТО** – техническое обслуживание;

**ЧС** – чрезвычайная ситуация;

**ЭХЗ** – электрохимическая защита.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		4

## Оглавление

	Стр.
Введение.....	7
1. Общие представления о резервуарах .....	10
1.1. Резервуарные парки. Виды резервуаров.....	10
1.2. Организация эксплуатации резервуарных парков и резервуаров.....	14
1.3. Оборудование резервуаров и их предназначение.....	15
1.4. Режим эксплуатации резервуаров .....	18
1.5. Эксплуатационная документация.....	22
2. Классификация дефектов .....	24
2.1. Общее представление о дефектах .....	24
2.2. Дефекты металлоконструкций резервуара.....	24
2.3. Дефекты фундамента резервуара .....	31
2.4. Дефекты наружного и внутреннего антикоррозионного покрытия резервуара .....	31
2.5. Дефекты теплоизоляционного покрытия резервуара.....	32
2.6. Дефекты систем электрохимической защиты, молниезащиты и заземления резервуара .....	32
2.7. Дефекты элементов конструкций вне резервуара .....	33
3. Анализ причин возникновения дефектов .....	34
3.1. Анализ причин возникновения осадок основания .....	35
3.2. Анализ причин появления дефектов сварных соединений .....	36
3.3. Анализ причин возникновения трещин.....	37
4. Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка.....	38
4.1. Технология контроля металла и сварных соединений металлоконструкций внутри резервуара .....	39
4.1.1 Визуальный и измерительный контроль металлоконструкций.....	40
4.1.2 Магнитный контроль металлоконструкций.....	40
4.1.3 Технология ультразвукового контроля .....	42
4.2. Методика измерения отклонений от вертикали образующих стенки резервуара электронным тахеометром .....	44
4.3. Выявления дефектов и контроль герметичности резервуаров по сигналам акустической эмиссии .....	46
4.4. Лазерное сканирование .....	50
4.5. Перспективы развития метода лазерного сканирования резервуаров для	

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Оглавление	Литера	Лист	Листов
Разраб.		Волков Д.Э.		01.06.18		ДР	5	98
Руковод.		Никульчиков В.К.		01.06.18		ОНД ИШПР Группа 2Б4Б		
Консульт.								
Руководитель в ООП		Брусник О.В.		01.06.18				

повышения точности ремонтных работ.....	55
5. Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup> .....	57
5.1.Определение геометрических параметров резервуара .....	58
5.2.Определение толщины стенки резервуара .....	59
5.3.Расчет стенки резервуара на устойчивость .....	63
6. Социальная ответственность .....	70
6.1 Характеристика объекта исследования .....	70
6.2 Производственная безопасность .....	71
6.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации .....	71
6.2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации .....	75
6.3.Экологическая безопасность.....	81
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	84

										Лист
										6
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Оглавление					

## Введение

Темой данной работы являются современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ. Неотъемлемой частью системы магистрального нефтепровода являются резервуарные парки — система сооружений, содержащих нефть и нефтепродукты. С увеличением добычи нефти, возникает потребность в расширении резервуарных парков с помощью создания новых и поддержания работоспособности резервуаров, которые находятся в эксплуатации длительное время. Существует огромное количество факторов, негативно оказывающих действие на состояние и работоспособность резервуаров, а так же ряд норм безопасности и требуемых регламентов к эксплуатации, при несоблюдении которых могут произойти необратимые последствия, наносящие значительный урон окружающей среде, рабочему персоналу и непосредственно всему производству. [1]

Резервуары считаются особо опасными объектами из-за их больших размеров, а также высокой вероятности пожаров и взрывов. Надежность всей нефтепроводной системы связана с техническим состоянием резервуара, поэтому проводится периодическое обследование и комплексная дефектоскопия, которые позволяют своевременно выявлять различные дефекты.[2]

Диагностика резервуара включает в себя комплекс мероприятий по дефектоскопии, техническому обследованию и обработке полученной

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата				
Разраб.		Волков Д.Э.		01.06.18	Введение	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Никульчиков В.К.		01.06.18		ДР	7	98
Консульт.						ОНД ИШПР Группа 2Б4Б		
Руководитель ООП		Брусник О.В.		01.06.18				

информации. После этого составляется заключение о техническом состоянии резервуара и выдается рекомендация по дальнейшему эксплуатированию.

**Актуальность работы.** Каждый год требования к безопасности, экологичности и повышению надежности резервуарных парков повышаются. Конструкции вертикальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов в процессе эксплуатации подвергаются различным силовым воздействиям: давление покрытия снегового покрова, давление продукта, избыточное давление в газовом пространстве резервуара, температурные воздействия и др. Эти факторы приводят к деформированию стенок в результате неравномерной нагрузки, особенно при наличии крена резервуара, и увеличению погрешности измерения объема продукта содержащегося в резервуаре. Поэтому вопрос о нахождении наиболее современного, энергоемкого, безопасного и экономичного метода обнаружения различных дефектов резервуаров реконструкции является важнейшей задачей для эксплуатирующих организаций.

**Объект исследования.** Технологический процесс обнаружения дефектов на резервуарах вертикальных стальных

**Предмет исследования.** Резервуар вертикальный стальной, объемом 20000 м<sup>3</sup>.

**Цель работы.** Изучение и выбор наиболее современного метода регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, с целью повышения точности планирования ремонтных работ.

Для реализации поставленной цели необходимо выполнить следующие аналитическую и расчетно-технические задачи:

1. Ознакомление с нормативной документацией и научной литературой по выбранной тематике
2. Получить общие представления о резервуарах и резервуарных парках, их оборудовании и предназначении

					Введение	Лист
						8
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



3. Классифицировать дефекты, возникающие при эксплуатации резервуаров и резервуарных парков

4. Провести анализ причин возникновения дефектов

5. Изучить современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка

6. Выполнить технологические расчеты геометрических параметров резервуара, определить толщины всех поясов, провести расчет стенки резервуара на устойчивость.

**Практическая значимость.**

Результаты выпускной квалификационной работы бакалавра могут быть использованы для решения дальнейших реальных задач, связанных с выбором наиболее оптимального метода регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, с целью повышения точности планирования ремонтных работ.

					Введение	Лист
						9
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

# 1. Общие представления о резервуарах

## 1.1. Резервуарные парки. Виды резервуаров

Резервуарный парк — комплекс взаимосвязанных отдельных резервуаров или их групп предназначенных для хранения нефти и нефтепродуктов. Такой комплекс, как правило, оборудован различными насосными установками, для внутри парковых перекачек, системой технологических трубопроводов, запорной арматурой, системами пожаротушения и безопасности. [3] Для производства, переработки и распределения нефтепродуктов существует множество различных типов резервуаров разных размеров. На процесс выбора резервуара, для того или иного предприятия обычно влияют эксплуатационные условия продукта, емкости хранилища, конкретные проблемы проектирования, а также районы размещения. Резервуары классифицируются по:

- назначению;
- расположению;
- основному используемому материалу;
- режиму эксплуатации;
- группам;
- видам;
- типам;
- генеральному конструктивному решению;

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Общие представления о резервуарах	Литера	Лист	Листов
Разраб.		Волков Д.Э.		01.06.18		ДР	10	98
Руковод.		Никульчиков В.К.		01.06.18		ОНД ИШПР Группа 2Б4Б		
Консульт.								
Руководитель ООП		Брусник О.В.		01.06.18				

- степени опасности и т.д.

Классификация «по назначению» основывается на виде хранимого продукта:

- водяные;
- нефтяные;
- для сжиженных газов;
- для химических продуктов и др.

Среди нефтяных резервуаров выделяют:

- для темных нефтепродуктов;
- для нефти и светлых нефтепродуктов;
- для нефтесодержащих жидкостей.

По используемому для изготовления материалу, резервуары подразделяют на:

- железобетонные
- металлические;
- неметаллические (резинотканевые, стеклопластиковые, пластиковые и др.);
- Оборудованные в природных условиях, то есть те резервуары, при создании которых использовались природные пустоты.

По генеральному конструктивному решению существуют:

- цилиндрические;
- прямоугольные и многоугольные;
- шаровые;
- каплевидные.

					Общие представления о резервуарах	Лист
						11
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

<b>Классификация резервуаров</b>				
<b>Положение в пространстве</b>	<b>Материал изготовления</b>	<b>По назначению</b>	<b>По расположению</b>	<b>По генеральному конструктивному решению</b>
Резервуары вертикальные	Металлические	Первая группа (при избыточном давлении до 0,07 Мпа)	Наземные	Цилиндрические
Резервуары горизонтальные	Неметаллические	Вторая группа (при избыточном давлении свыше 0,07 Мпа)	Подземные	Прямоугольные и многоугольные
	Железобетонные			Шаровые
	Оборудованные в природных условиях			Сложных конструктивных форм(каплевидные, торовидные, и т. д.)

Таблица 1. Классификация резервуаров

					Общие представления о резервуарах	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		12

При проектировании должны применяться следующие типы резервуаров вертикальных стальных:

Классификация резервуаров стальных		
резервуары со стационарной крышей без понтона	резервуары со стационарной крышей и понтоном	резервуары с плавающей крышей

Таблица 2. Классификация резервуаров стальных

Металлоконструкции со стационарной крышей без понтона используются для хранения продуктов, обладающих низкой летучестью. Также резервуары РВС применяются для хранения более летучих и легко воспламеняющихся продуктов, однако дополнительно они оснащаются газовой обвязкой или установкой улавливания лёгких фракций. [6]

Резервуарные металлоконструкции со стационарной крышей и понтоном используются для хранения легкоиспаряющихся продуктов. Конструкция РВСП предназначена для снижения скорости испарения и сокращения потерь от испарения продукта. Понтон представляет собой дискообразное жёсткое покрытие, помещаемое внутри резервуара на зеркало продукта таким образом, чтобы оно покрывало не менее 90% площади зеркала. Вращение понтона обеспечивается с помощью направляющих в виде труб или вертикально натянутых тросов, Понтоны оснащаются патрубками для установки клапанов с целью исключения превышенной нагрузки на настил понтона.[12]

Конструкция резервуаров РВСПК предусматривает наличие плавающей крыши, располагающейся на поверхности хранимого продукта. В рабочем положении крыша должна иметь полный контакт с поверхностью продукта. Различают однодечные и двудечные плавающие крыши. Вращение кровли исключается с помощью направляющих труб, перфорированных в

					Общие представления о резервуарах	Лист
						13
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

своей нижней части, плавучесть достигается за счёт герметичных отсеков. На днище резервуара РВСПК монтируются специальные опоры, на которых будет располагаться кровля при опорожнении резервуара. В конструкции плавающей крыши должен быть предусмотрен сток и отвод ливневых вод с поверхности резервуара РВСПК. Преимущество резервуарных металлоконструкций данного типа, также как и резервуаров РВСП, заключается в снижении потерь от испарения продукта.[13]

## 1.2. Организация эксплуатации резервуарных парков и резервуаров

Эксплуатация резервуарных парков и резервуаров - это множество различных процессов по хранению, приему и сдачи нефти, испытанию и приему резервуара в эксплуатацию, его ремонту и техническому обслуживанию. Она проводится в рамках каждого предприятия их собственными силами и силами сторонних организаций, имеющих определенную лицензию на производимые работы. Организация данного процесса определяется каждым предприятием отдельно и отражается в положениях в целом по предприятию и его филиалам.[8] Ниже представлены основные виды работ, которые выделяют в процессе эксплуатации резервуарных парков и резервуаров:

- определение вместимости и градуировка резервуаров;
- текущий ремонт и техническое обслуживание резервуарных парков в целом и их отдельных резервуаров;
- техническое использование резервуаров и резервуарных парков;
- капитальный ремонт резервуаров;
- диагностирование резервуаров.

Персонал, который отвечает за техническую эксплуатацию резервуарных парков и резервуаров, должен обеспечивать:

- их безопасную и надежную работу;

					Общие представления о резервуарах	Лист
						14
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

- своевременное проведение технической диагностики, обслуживания и ремонта;
- разработку различных мероприятий по охране окружающей среды;
- организацию обучения, инструктирование и периодическую проверку знаний персонала;
- освоение и внедрение нового оборудования, осуществление автоматизации и телемеханизации резервуарных парков и резервуаров;
- своевременную проверку наличия противопожарного инвентаря и защитных средств.

### **1.3. Оборудование резервуаров и их предназначение**

Перечень оборудования и конструктивных элементов, устанавливаемых на резервуарах, представлен в таблице 3.

					Общие представления о резервуарах	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		15

Наименование оборудования	Наличие в резервуаре			
	РВС	РВСП	РВСПК	ЖБР
1	2	3	4	5
Дыхательный клапан	+			+
Предохранительный клапан	+			+
Вентиляционный патрубок		+	+	
Огневой предохранитель	+	+	+	+
Приемо-раздаточное устройство				+
Приемо-раздаточный патрубок*)	+	+	+	
Пеногенератор	+	+	+	-
Система подслоного пеногашения	+	+	+	+
Компенсирующая система приемо-раздаточных патрубков	+	+	+	+
Пробоотборник	+	+	+	+
Водоспуск с плавающей крыши			+	
Система орошения резервуара	+	+	+	-
Кран сифонный	+	+	+	
Система размыва осадка	+	+	+	+
Погружной насос (для откачки остатков нефти и подтоварной воды)				+
Люки	+	+	+	+
Уровнемер	+	+	+	+
Приборы контроля, сигнализации, защиты	+	+	+	+
*) Приемо-раздаточный патрубок с хлопушей на РВС следует заменить приемо-раздаточным устройством с поворотной заслонкой				

Таблица 3 - Оборудование и конструктивные элементы резервуаров

Выбор конкретного оснащения резервуаров, расположения оборудования и конструктивных элементов определяется проектной документацией.

При капитальном ремонте:

- хлопуши исключаются, вместо них устанавливаются внутренние приемораздаточные устройства;
- демонтируются трубные стационарные системы размыва с последующей установкой винтовых устройств;
- при оборудовании резервуаров понтонами, плавающими крышами,

					Общие представления о резервуарах	Лист
						16
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



дыхательная арматура заменяется на вентиляционные патрубки;

- плавающие крыши и понтоны оборудуются опорными стойками регулируемой высоты с установкой на них дополнительных патрубков в эксплуатационном положении. [12]

Дыхательная арматура должна включать дыхательный и предохранительный клапаны, вентиляционные патрубки. Суммарная пропускная способность дыхательных клапанов определяется в зависимости от максимальной подачи нефти при заполнении (или опорожнении) резервуара с учетом температурного расширения паровоздушной смеси. Предохранительный клапан настраивается на повышенное давление и пониженный вакуум на (5-10 %) по сравнению с дыхательным. Предохранительный гидравлический клапан должен быть залит незамерзающей слабоиспаряющейся жидкостью, которая образует гидравлический затвор.[21]

Огневые предохранители (огнепреградители, далее по тексту огневые предохранители) устанавливаются под дыхательными и предохранительными клапанами. При температуре наружного воздуха ниже 0° С в осенне-зимний период огневые предохранители необходимо демонтировать.

Тип устанавливаемой дыхательной арматуры определяется в зависимости от конструкции крыши резервуара и давления насыщенных паров хранимой нефти: - на резервуарах со стационарной крышей (без понтона) при давлении насыщенных паров хранимой нефти ниже 26,6 кПа (200 мм рт. ст.) должны быть установлены вентиляционные патрубки с огневыми предохранителями; - на резервуарах со стационарной крышей (без понтона) при давлении насыщенных паров хранимой нефти свыше 26,6 кПа (200 мм рт. ст.) должны быть установлены дыхательные и предохранительные клапаны с огневыми предохранителями; - на

					Общие представления о резервуарах	Лист
						17
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

резервуарах с плавающей крышей (или понтоном) должны быть установлены вентиляционные патрубки с огневыми предохранителями. Выбор исполнения дыхательной арматуры осуществляется согласно ГОСТ 15150 в зависимости от климатической зоны.[12]

На приемо-раздаточном патрубке резервуаров должны предусматриваться компенсирующие системы для снижения усилий, передаваемых технологическими трубопроводами на резервуар. Резервуар также должен быть оборудован отсекающими коренными задвижками. Для отвода ливневых вод с плавающей крыши применяется водоспуск, а для предотвращения образования донных отложений и их размыва должна быть предусмотрена система размыва или другое специальное оборудование, имеющее необходимые разрешительные документы на их применение.

В состав оборудования резервуара входят замерный, световой люки, люк-лаз и др. люки для установки оборудования (количество люков и их типы устанавливаются проектом). Все резервуары оснащаются сигнализаторами аварийного максимального и минимального уровней нефти, и устройствами измерения уровня нефти.[5]

#### **1.4. Режим эксплуатации резервуаров**

Заполнение и опорожнение резервуара должны проводиться в пределах параметров, установленных технологической картой (картами). При заполнении после окончания строительства резервуара или после его капитального ремонта скорость движения нефти в приемо-раздаточном патрубке не должна превышать 1 м/с до полного затопления струи, а в резервуарах с понтоном или плавающей крышей - до их всплытия, независимо от диаметра патрубка и емкости резервуара.[4] Для обеспечения электростатической безопасности скорость нефти в приемо-раздаточном патрубке при заполнении резервуаров всех типов после затопления струи не

					Общие представления о резервуарах	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

должна превышать максимально допустимой величины, представленной в таблице 4.

Диаметр приемо-раздаточного патрубков, мм	Максимально допустимая скорость, м/с
200	10,9
300	10,3
500	9,4
600	9,1
700	8,8

Таблица 4 - Максимально допустимая скорость истечения нефти в резервуары для обеспечения электростатической безопасности.

Максимальная производительность заполнения (опорожнения) резервуара, оборудованного дыхательными и предохранительными клапанами или вентиляционными патрубками, должна быть установлена с учетом максимально возможного расхода через них паровоздушной смеси. При этом расход паровоздушной смеси (воздуха) через все дыхательные клапаны или вентиляционные патрубки с огневыми предохранителями, установленные на резервуаре, не должен превышать 85 % от их суммарной проектной пропускной способности. Пропускную способность вентиляционных патрубков с огневыми предохранителями следует принимать по пропускной способности огневых предохранителей соответствующего диаметра.[13]

Заполнение резервуара с плавающей крышей и резервуара с понтоном условно делится на два периода:

- первый период - от начала заполнения до всплытия плавающей крыши (понтон);
- второй период - от момента всплытия плавающей крыши (понтон) до максимальной рабочей высоты налива.

Скорость подъема плавающей крыши или понтона в резервуаре от момента всплытия до окончания заполнения не должна превышать величины, указанной в проекте.

Опорожнение резервуаров с плавающей крышей или понтоном условно делится на 2 периода:

- первый период - от начала опорожнения до посадки плавающей крыши (понтон) на опоры. Опорожнение резервуара может производиться со скоростью опускания плавающей крыши (понтон), предусмотренной проектом;
- второй период - от посадки плавающей крыши или понтона на опоры до минимально допустимого остатка в резервуаре. Производительность опорожнения во втором периоде не должна превышать суммарной пропускной способности огневых предохранителей во избежание смятия днища плавающей крыши или понтона. [12]

Эксплуатации резервуаров в нормальном режиме соответствуют второй период заполнения и первый период опорожнения.

При приеме нефти последовательно в несколько резервуаров необходимо проверить техническое состояние резервуаров и трубопроводов, открыть задвижку у резервуара, в который будет приниматься нефть, после этого закрыть задвижку резервуара, в который принималась нефть. Одновременное автоматическое переключение задвижек в резервуарном парке допускается при условии защиты трубопроводов от повышения давления и возможности контроля изменения уровня в резервуаре. В резервуарах со стационарной крышей должны поддерживаться следующие величины давления и вакуума (если не установлены другие ограничения в проекте или по результатам технической диагностики):

- во время эксплуатации рабочее избыточное давление в газовом

					Общие представления о резервуарах	Лист
						20
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

пространстве должно быть не более 2 кПа (200 мм вод. ст.), вакуум - не более 0,25 кПа (25 мм вод. ст.);

- предохранительные клапаны должны быть отрегулированы на давление 2,3 кПа (230 мм вод. ст.) и вакуум 0,4 кПа (40 мм вод. ст.).

На резервуарах с понтоном (плавающей крышей) при огневых предохранителях и вентиляционных патрубках давление и вакуум не должны быть больше 0,2 кПа (20 мм вод. ст.). [12]

Максимально допустимый уровень нефти при заполнении резервуара устанавливается с учетом высоты монтажа пенокамеры, а в резервуарах с понтоном – пенокамеры и понтона, а также запаса емкости на возможное объемное расширение нефти и прием ее в течение времени передачи соответствующих распоряжений и отключения резервуара. Для резервуаров, находящихся в длительной эксплуатации и имеющих коррозионный износ и другие дефекты несущих элементов стенки, максимально допустимый уровень нефти устанавливается по результатам технического диагностирования состояния резервуара. [21]

Минимально допустимым уровнем нефти в резервуаре является минимальный уровень, при котором предотвращаются кавитация в системе «резервуар – насос» и воронкообразование в резервуаре. Расчетный минимально допустимый уровень должен быть выше минимально допустимого уровня на величину, необходимую для устойчивой работы откачивающих агрегатов в течение времени передачи соответствующих распоряжений по остановке агрегатов и отключения резервуаров. Минимально допустимый уровень нефти в резервуаре с понтоном (плавающей крышей) устанавливается исходя из условия нахождения понтона (плавающей крыши) на плаву.

					Общие представления о резервуарах	Лист
						21
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 1.5. Эксплуатационная документация

На каждый резервуар, находящийся в эксплуатации, должна иметься следующая эксплуатационная документация:

- паспорт резервуара с актами на замену оборудования;
- исполнительная документация на резервуар и на проведение ремонта;
- схема нивелирования основания, акты, протоколы по нивелированию окрайки днища, проводимой в процессе эксплуатации;
- градуировочная таблица на резервуар;
- технологическая карта эксплуатации резервуара;
- журнал текущего обслуживания;
- журнал эксплуатации молниезащиты и защиты от статического электричества;
- схема молниезащиты и защиты от статического электричества.[8]

До заполнения резервуаров и подключения их в технологический процесс транспортировки нефти должна быть составлена технологическая карта эксплуатации резервуаров. Она составляется на основе:

- требований нормативных и руководящих документов;
- данных о характеристиках резервуаров и их оборудования;
- технического состояния резервуаров;
- схем перекачки нефти, высотных отметок резервуаров и откачивающих агрегатов;
- свойств нефти;
- диаметра и протяженности трубопроводов технологической обвязки на участке «резервуары - насосная»;
- производительности трубопровода и количества резервуаров,

					Общие представления о резервуарах	Лист
						22
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

подключаемых к данному трубопроводу;

– температуры воздуха и т.д.

Технологическая карта эксплуатации резервуара должна отражать наиболее вероятные условия его работы и обеспечивать эксплуатационный персонал всех уровней информацией для оперативного принятия решений по управлению процессом перекачки.

Технологические карты хранятся в отделах предприятия и их филиала, которые участвуют в эксплуатации резервуаров и резервуарных парков, на перекачивающих станциях и наливных пунктах морских и речных терминалов и нефтебаз. Они должны находиться в диспетчерских пунктах предприятий, филиалов и в операторных перекачивающих и наливных станциях, морских и речных терминалов, нефтебаз.

Заполнение резервуаров и их оперативное обслуживание осуществляются диспетчерскими службами предприятий, филиалов и операторами перекачивающих станций, наливных пунктов и нефтебаз. Оперативное обслуживание заключается в обеспечении режима работы резервуаров в пределах параметров, установленных технологическими картами эксплуатации резервуаров, с отражением в диспетчерских листах уровней нефти в резервуарах с заданной периодичностью.

					Общие представления о резервуарах	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 2. Классификация дефектов

### 2.1. Общее представление о дефектах

Дефектом называют каждое отдельное несоответствие металлоконструкций резервуара (включая сварные соединения), фундамента резервуара, наружного и внутреннего АКП, теплоизоляционного покрытия конструкций резервуара, а также элементов конструкций вне резервуара требованиям нормативной или конструкционной документации.[13]

Существуют следующие виды дефекты резервуаров:

дефекты металлоконструкций резервуара (днища, стенки, стальной крышки, стальной плавающей крышки, стального понтона, понтона из алюминиевых сплавов, купольной крышки из алюминиевых сплавов, металлоконструкций вне резервуара);

- дефекты фундамента;
- дефекты наружного и внутреннего антикоррозионного покрытия;
- дефекты теплоизоляционного покрытия;
- дефекты систем электрохимической защиты, молниезащиты и заземления;
- дефекты элементов конструкций вне резервуара.[17]

### 2.2. Дефекты металлоконструкций резервуара

К дефектам металлоконструкций резервуаров относят в первую очередь дефекты конструктивных элементов резервуара, которые подразделяются на следующие типы. Несоответствие параметров

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ			
Разраб.		Волков Д.Э.		01.06.18	Классификация дефектов	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Никульчиков В.К.		01.06.18		ДР	24	98
Консульт.						ОНД ИШПР Группа 2Б4Б		
Руководитель ООП		Брусник О.В.		01.06.18				



(характеристик) элементов конструкций резервуара требованиям проектной или нормативной документации, например:

- наличие временных ремонтных элементов, либо элементов, не предназначенных проектной документацией;
- несоответствие марки стали или ее механических свойств (предел текучести, предел прочности, ударная вязкость, относительное удлинение, угол загиба) требованиям нормативной или проектной документации;
- несоответствие химического состава стали сведениям, приведенным в сертификате на прокат. [17]

Также бывает наличие несоответствий количества, размеров, размещения элементов конструкций и оборудования проектной или нормативной документации, в том числе:

- непроектное расположение листов;
- непроектная (ненормативная) толщина листов;
- непроектное расположение постоянных конструктивных элементов.

Другими типами дефектов металлоконструкций резервуаров являются: ненормативная разбежка сварных швов, недопустимые снижения толщины элементов, нарушение герметичности элемента (сквозные повреждения), дефекты анкерного крепления, дефекты геометрии, которые подразделяются на:

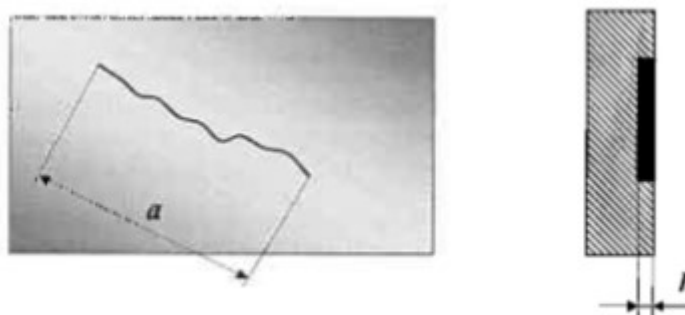
- ненормативные отклонения образующей стенки от вертикали;
- отклонение внутреннего радиуса опорного кольца, от проектного значения;
- разность высотных отметок наружного контура днища превышает допустимые значения;
- ненормативные отклонения от вертикали опорных стоек и направляющих [13]

					Классификация дефектов	Лист
						25
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

К дефектам металлоконструкций резервуара в свою очередь относятся и дефекты основного металла конструкций резервуара, такие как:

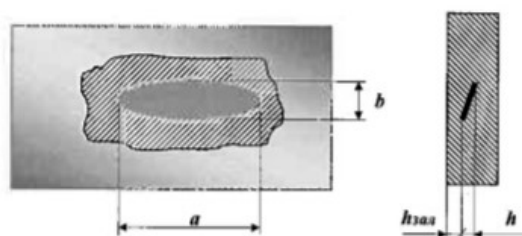
- трещины;
- расслоения;
- механические повреждения (риски (царапины), задиры(забоины), вырывы);
- потери металла (утонение, ожог дугой (оплавление));
- коррозионные потери металла (сплошная коррозия, местная коррозия, коррозия точечная, сквозная коррозия, коррозионное растрескивание, коррозионная язва, контактная коррозия);
- дефекты поверхности (прокат).[7]

Ниже представлены схематические изображения дефектов типа «трещина в основном металле», «расслоение» и «коррозионная потеря металла».



где:  $a$  – длина трещины;  $h$  – глубина трещины

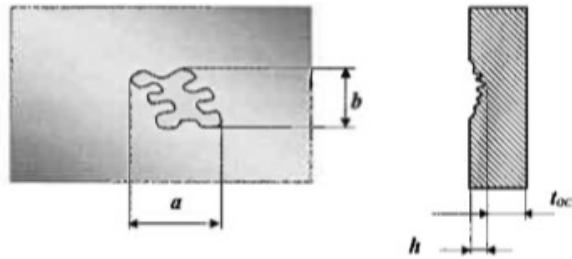
Рис. 1 Трещина в основном металле



где:  $a$  – длина;  $b$  – ширина;  $h$  – глубина;  $h_{зап}$  – глубина залегания расслоения

					Классификация дефектов	Лист
						26
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Рис. 2 Расслоение



где:  $a$  – длина;  $b$  – ширина;  $h$  – глубина дефекта;  $t_{ост}$  – остаточная толщина металла

Рис. 3 Коррозионная потеря металла

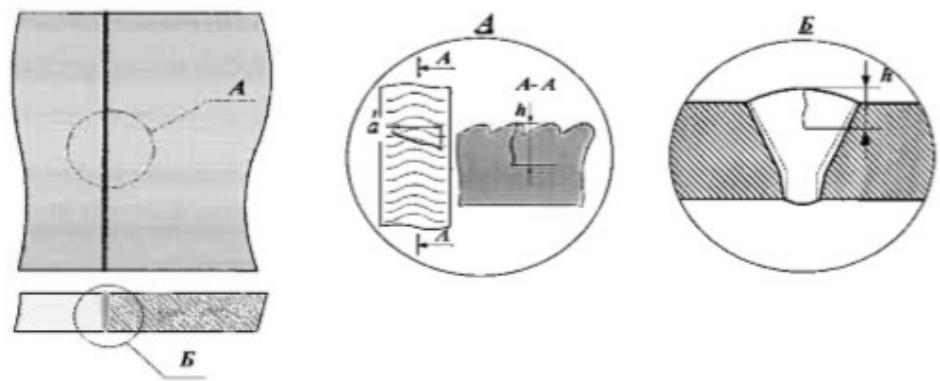
Последними дефектами, относящимся к дефектам металлоконструкций резервуаров, являются дефекты сварных соединений, то есть дефекты, образующиеся в самом сварном шве или в около шовной зоне. К ним относятся следующие типы дефектов:

трещины сварного соединения (продольная трещина, поперечная трещина, разветвленная трещина, радиальная трещина, кратерная трещина (трещина в кратере));

- прожоги
- несплошности плоскостного типа (непровары, несплавления, подрезы);
- несплошности объемного типа (пора (поверхностные поры, скопления пор, цепочка пор), включения (одиночные, скопления), свищи, кратеры);
- смещение свариваемых кромок;
- дефекты геометрии шва (нарушение формы сварного шва, превышение проплава, вогнутость корня шва, натек);
- прочие дефекты сварного шва – углубления между валиками шва (западание межваликовое), грубая чешуйчатость, брызги металлов и остатки сварочных металлов.[17]

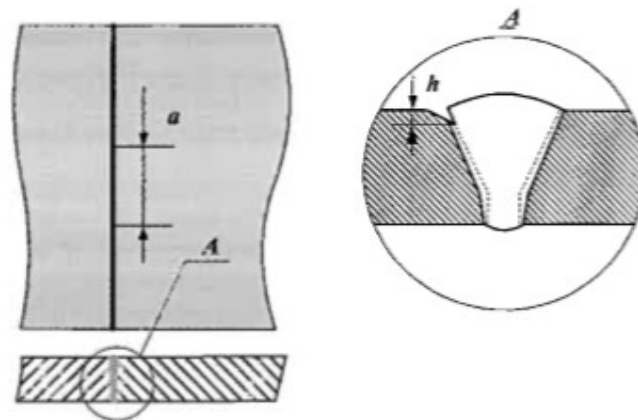
Ниже представлены схематические изображения «дефектов геометрии шва», «несплошности объемного типа», грубая чешуйчатость.

					Классификация дефектов	Лист
						27
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



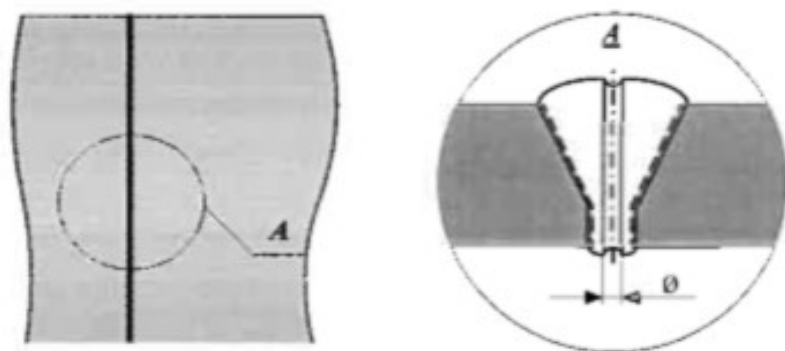
где:  $a$  – длина;  $h$  – глубина дефекта

Рис. 4 Трещина сварного соединения



где:  $a$  – длина;  $h$  – высота углубления

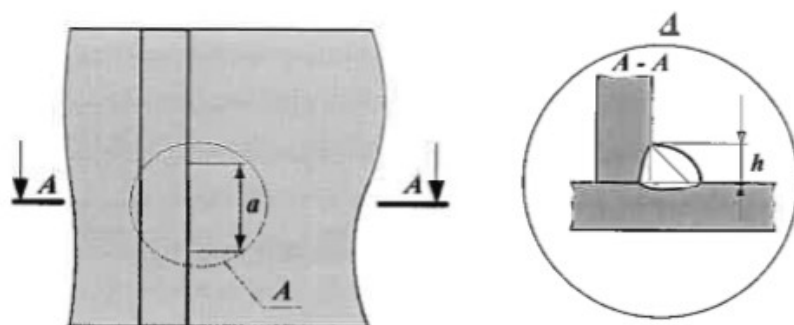
Рис. 5 Подрез



где:  $\varnothing$  – диаметр сквозного отверстия

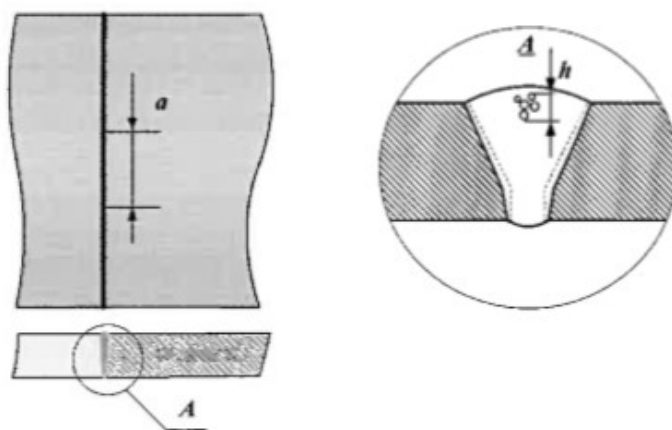
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

Рис. 6 Прожог



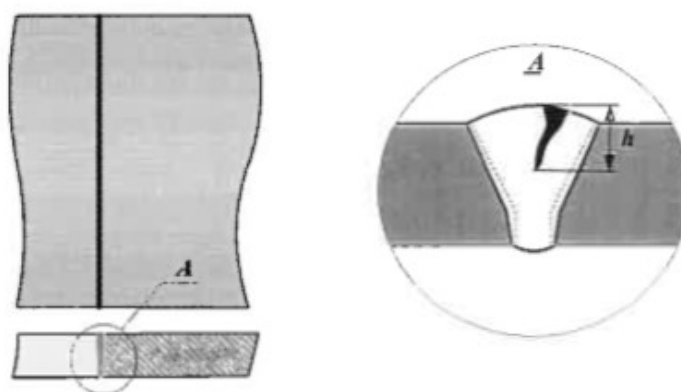
где:  $a$  – длина;  $h$  – высота отклонения

Рис. 7 Нарушение формы сварного шва



где:  $a$  – длина участка;  $h$  – глубина (условная высота)

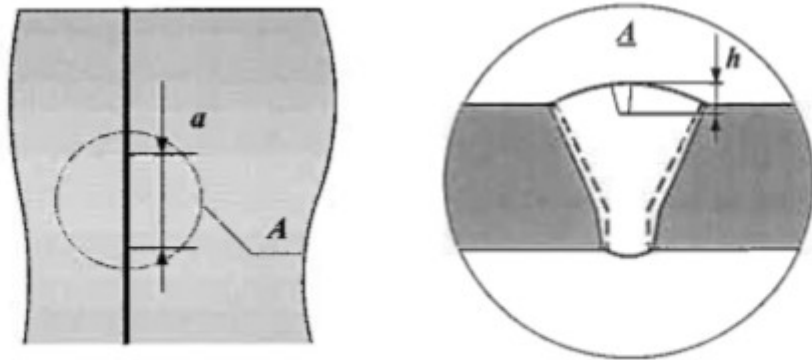
Рис. 8 Поры (включения)



где:  $h$  – высота углубления

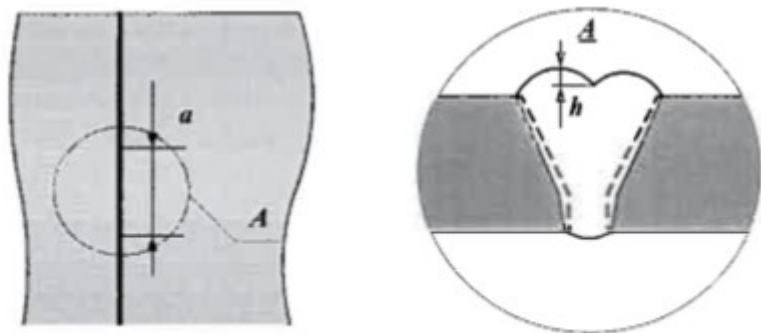
Рис. 9 Свищ

Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата



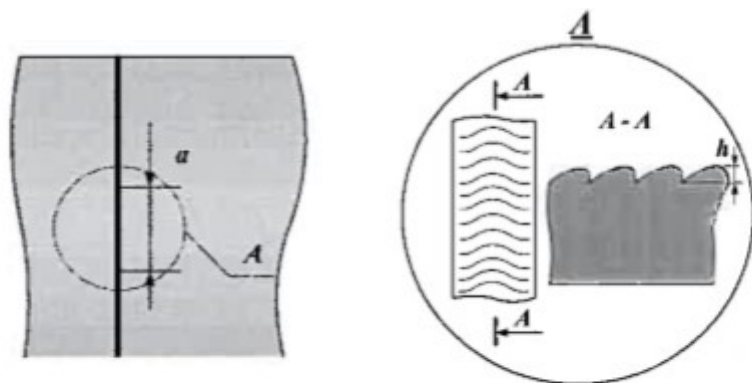
где:  $a$  – длина;  $h$  – высота раковины

Рис. 10 Кратер (усадочная раковина)



где:  $a$  – длина;  $h$  – высота впадины

Рис. 11 Углубление между валиками шва



где:  $a$  – протяженность (длина) участка;  $h$  – высота углубления

Рис. 12 Грубая чешуйчатость

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

### 2.3. Дефекты фундамента резервуара

К дефектам фундамента резервуара в соответствии с РД-23.020.00-КТН-027-10 относят:

- деформации фундамента (осадка (просадка), крен, трещины, сколы, выбоины на поверхности бетона);
- участки бетона, пропитанные нефтью;
- свойства бетона, несоответствующие проектным решениям: прочность, водопроницаемость, морозостойкость;
- коррозия арматуры и нарушение целостности стержней арматуры, отслоение защитного слоя бетона, потеки ржавчины на бетоне, зоны разрушения бетона, нейтрализация, превышающая защитный слой.

### 2.4. Дефекты наружного и внутреннего антикоррозионного покрытия резервуара

Дефектами наружного и внутреннего антикоррозионного покрытия резервуара, являются следующие:

- несоответствие толщины покрытия технической документации на системы АКП;
- несоответствие адгезии АКП к металлу;
- несоответствие диэлектрической сплошности; нарушение сплошности (растрескивание, отслаивание, пузыри, кратеры, поры, царапины, сколы, вздутия);
- потеки и наплывы, шагрень (апельсиновая корка), несоответствие оттенка цвета, пропуск, выцветание, включение твердых частиц.

					Классификация дефектов	Лист
						31
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## 2.5. Дефекты теплоизоляционного покрытия резервуара

К дефектам теплоизоляционного покрытия резервуара в соответствии с СТТ-25.220.01-КТН-032-11 относятся:

- толщина теплоизоляционного слоя менее проектной, указанной в ТУ;
- теплопроводность теплоизоляционного слоя превышает проектное значение, указанное в ТУ;
- стыки плит не полностью заполнены мастикой, имеются пропуски мастичного слоя, провисание слоев, неплотное прилегание к стенке элемента конструкции, толщина листов покрывного слоя не соответствует требованиям НД, механическое повреждение, деформации и отрывы креплений, трещины сварных соединений приварки креплений.

## 2.6. Дефекты систем электрохимической защиты, молниезащиты и заземления резервуара

К дефектам систем электрохимической защиты, молниезащиты и заземления относятся:

- отсутствие металлической связи между металлоконструкциями резервуара, заземлителями;
- несоответствие нормативным требованиям количества установленных на резервуарах заземлителей, расстояние между ними и их расположение;
- переходное сопротивление контактных соединений (заземляющих проводников) больше чем нормативное значение;
- непроектное расположение молниеприемников и т.д.

					Классификация дефектов	Лист
						32
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



## 2.7. Дефекты элементов конструкций вне резервуара

Дефекты элементов конструкций вне резервуара подразделяются на следующие типы:

- несоответствие параметров (характеристик) элементов конструкций резервуара требованиям проектной документации, в их число относят: неисправности дефектов системы компенсации (компенсаторы, стойки, подвески, элементы катковых опор);
- дефекты геометрии, в их число входят: разница осадок резервуара со стороны запорной арматуры и фундамента запорной арматуры превышает нормативные значения; отклонение высотных отметок от номинальных фундаментов СКНР, запорной арматуры, шахтной лестницы и опор; ненормативная разность высотных отметок и уклон отмоксти.
- дефекты защитного ограждения (разрушение земляного вала, трещины в монолитном бетоне обвалования, расстояние от стенок резервуара до подошвы внутренних откосов обвалования или до ограждающих стен не соответствует нормативным требованиям). [17]

					Классификация дефектов	Лист
						33
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



так же воздействие вакуума, возникающем, если дыхательная арматура резервуара неисправна или превышена допускаемая скорость слива нефтепродукта. В этих случаях образуются значительные напряжения в верхних поясах корпуса, что приводит к образованию вмятин и выпучин.

### 3.1. Анализ причин возникновения осадок основания

Основание резервуара (фундамент) является основной частью всего сооружения, принимающий давление всей конструкции резервуара и давление нефтепродукта. Неправильно спроектированный фундамент и неправильно выбранное основание приводит к неравномерной осадке, выходящих за пределы расчетных норм, что в свою очередь влечет за собой череду последствий: трещины в корпусе и днище, выпучины, складки днища, деформация днища по периметру резервуара и нарушение геометрической формы резервуара, а иногда приводит к полному его разрушению.

В процессе интенсивного обводнения может произойти потеря несущей способности грунтов основания, причинами этого могут быть:

- Некачественное выполнение насыпи в основании;
- Обводнение грунтов;
- Эрозия почвы;
- Неправильной организации водоотвода с поверхности резервуара дождевых и талых вод, стекающих со стен и крыши резервуара.[26]

Как правило, резервуары вертикальные стальные имеют равномерную осадку основания, но при осадке более 50мм возникает деформация узла сопряжения приемно-раздаточного трубопровода с резервуаром, что может привести к его разрушению, основными причинами осадки основания являются:

- Некачественное выполнение насыпи в основании;

					Анализ причин возникновения дефектов	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

- Обводнение грунтов и разрушение фундамента подземными и дождевыми водами;
- Эрозия почвы, просадка и выпучивание грунтов;
- Разрушение бетона при резких перепадах температур;
- Воздействие химических веществ на железобетонные конструкции.

### 3.2. Анализ причин появления дефектов сварных соединений

Дефект сварного шва это отклонение от технических условий и требований чертежа, который ухудшает качество свариваемого соединения (герметичность, сплошность, механические свойства). Влияние дефектов на прочность зависит от расположения по отношению к действующим силам, от формы и глубины. Чем глубина дефекта больше, тем больше он оказывает влияние на соединительную прочность. Резервуар считается ответственным сооружением поэтому, глубина дефекта не должна превышать 5-10% толщины основного металла. Дефекты, которые располагаются параллельно или под небольшим углом менее опасны, чем дефекты, расположенные перпендикулярно растягивающему усилию, причинами появления дефектов являются:

- Неудовлетворительное качество электродов;
- Неправильный режим и технология сварки;
- Плохая свариваемость металла;
- Неравномерное движение электрода, проволоки и горелки (неравномерная ширина и высота шва по длине);
- Недостаточная подгонка и подготовка кромок (уширения между кромками нужно заполнять наплавленным металлом);
- Дефекты сварного шва (подрезы, непровары, прожоги (сквозные проплавления), наплывы, трещины, шлаковые включения, кратеры, образование пор);

					Анализ причин возникновения дефектов	Лист
						36
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

– Высокое значение сварочного тока (образование хрупких крупнозернистых участков).[17]

### 3.3. Анализ причин возникновения трещин

Трещины образуются в резервуаре ещё на начальных этапах его строительства. В процессе изготовления проката, в металле образуются микротрещины, которые, впоследствии при эксплуатации резервуара и действия на них растягивающих усилий увеличиваются в размерах.

От условий эксплуатации и хранимого продукта зависит образование коррозионных повреждений. Наличие агрессивных веществ при долгой эксплуатации приводит к снижению сопротивляемости и старению металла, качество металла, качество антикоррозионного покрытие напрямую влияет на охрупчивание металла и срок службы резервуара.

К образованию хрупких трещин и снижению прочности приводят резкие перепады температур окружающей среды.

В результате сварки образуются дефекты сварных соединений в виде непроваров, подрезов, наплывов, прожогов, кратеров, образование пор, образование шлаковых включений.

В местах повышенной концентрации напряжений, а именно в угорных и монтажных соединениях и технологических отверстиях появляются трещины малоциклового усталости.

					Анализ причин возникновения дефектов	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



неразрушающими и разрушающими методами и углубленного анализа условий их фактического использования.[14]

Большое значение, при планировании экспертизы промышленной безопасности, имеет учет и контроль соблюдения графиков зачисток внутренних поверхностей резервуаров, которые должны предварять начало экспертизы, в части технического диагностирования резервуаров с применением методов неразрушающего контроля, что является залогом качества проведения экспертизы промышленной безопасности.

Чрезвычайно важно эксплуатирующим организациям обеспечить регламентированный контроль технического состояния резервуаров, их обследования, планового проведения зачисток, являющихся необходимой составляющей для выявления на ранних стадиях коррозионных процессов и дальнейшего контроля их развития, своевременным проведением технического обслуживания и квалифицированного ремонта, обеспечивающих безопасность дальнейшей эксплуатации.[13]

#### **4.1. Технология контроля металла и сварных соединений металлоконструкций внутри резервуара**

Контроль металла и сварных соединений металлоконструкций РВС проводится после получения результатов контроля качества внутреннего антикоррозионного покрытия и выполняется в указанной ниже последовательности с применением следующих методов:

- визуального и измерительного;
- магнитного или электромагнитного;
- ультразвукового;
- радиографического;
- контроля герметичности. [14]

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		39

#### **4.1.1 Визуальный и измерительный контроль металлоконструкций**

Визуальный и измерительный контроль металлоконструкций, а так же зон днища, отмеченных по результатам МК как дефектные и недоступные для МК, выполняется в соответствии с требованиями РД-23.020.00-КТН-271-10. По результатам контроля составляется заключение в соответствии с формой. В заключении указывается возможность проведения неразрушающего контроля элементов конструкции РВС магнитным, ультразвуковым, радиографическим и пузырьковым вакуумным методом. По результатам контроля зон днища, которые были отмечены по результатам МК как дефектные или недоступные для МК, составляется дополнительное заключение. Это заключение является приложением к Акту проведения МК и дополнительного контроля днища по результатам МК, оформляемом в соответствии с РД-23.020.00-КТН-271-10.

#### **4.1.2 Магнитный контроль металлоконструкций**

Для проведения магнитного контроля необходимо использовать сканирующие устройства, в том числе магнитные дефектоскопы, интроскопы, сканеры и т.п. Средства магнитного контроля, должны быть сертифицированы на соответствие паспортным данным. Перед проведением контроля должна быть выполнена настройка средств магнитного контроля, если это предусмотрено эксплуатационной документацией на эти средства.

В процессе проведения контроля дефектоскоп должен обеспечивать индикацию наличия дефектных зон и подавать оператору сигнал (световой, звуковой). Диагностические данные должны сохраняться в файлах данных (в том числе на внешнем накопителе) для последующего анализа. Файлы данных должны иметь привязку к схеме днища. Устройство памяти дефектоскопа должно иметь ёмкость, достаточную для хранения данных о

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
						40
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



контроле не менее 10 000 м<sup>2</sup> площади днища РВС. Изображение контролируемого объекта на развертке С-скан должно выводиться в режиме реального времени на экран компьютера или системы отображения данных контроля. Цвет изображения соответствует распределению напряженности магнитного поля дефектоскопа и полей рассеяния дефектов. В местах появления дефектов цвет изображения изменяется в соответствии с настройкой цветовой шкалы дефектоскопа.[20]

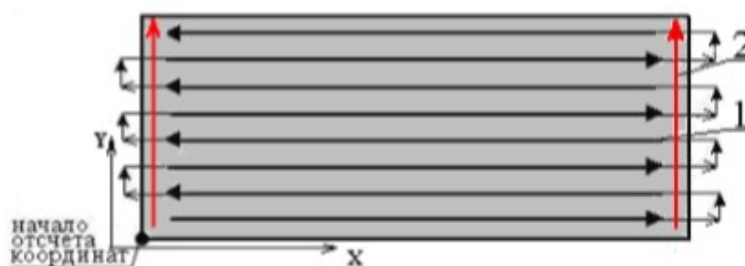
Магнитный контроль днища производится в следующей последовательности:

- выполнить разметку днища;
- выполнить контроль листов днища;
- выполнить контроль стыковых сварных соединений

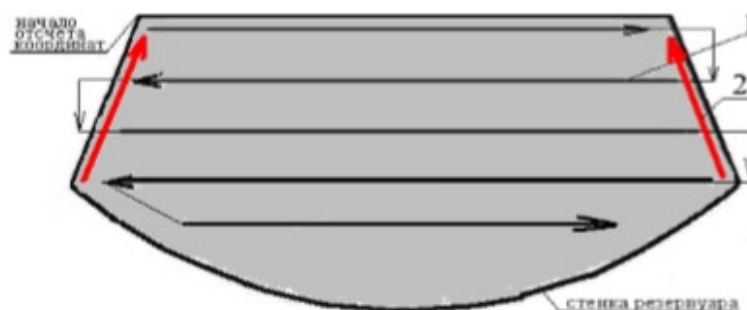
Сканирование каждого листа и сварного стыка выполнить в соответствии с операционной технологической картой контроля. Каждый лист днища обследуют, как отдельный объект контроля. Допускается сканирование нескольких листов днища или сварных соединений резервуара за один проход при соблюдении однозначности маркировки листов и правильности идентификации результатов обследования каждого листа. На участках днища, недоступных для МК: в угловых зонах листов, в местах сопряжения стенки с днищем, на нахлесточных швах, вокруг опорных стоек трубопроводов и т.п., необходимо выполнить ВИК и УЗТ/С. Эти участки отмечаются на схеме днища в приложении к заключению по результатам МК. При контроле стыковых сварных соединений для выявления трещин, расположенных вдоль и поперек оси шва, рекомендуется использовать дефектоскоп, в котором линейка датчиков магнитоизмерительной системы может быть развернута на угол 45° к оси сварного шва. В этом случае контроль выполняется за один проход вдоль шва. Если дефектоскоп не имеет

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		41

функции изменения положения линейки разворота, то контроль сварного соединения выполняется за два прохода при перемещении дефектоскопа вдоль и поперек оси шва. Ниже приведены схемы сканирования листов центра днища и окрайки.



а) траектория перемещения сканера при контроле листа центральной части днища



б) траектория перемещения сканера при контроле листа окрайочной части днища

Рис. 13 Схемы сканирования листов днища РВС

### 4.1.3 Технология ультразвукового контроля

Ультразвуковой контроль металла и сварных соединений днища производится после выполнения контроля качества антикоррозионного покрытия и завершения магнитного контроля. Ультразвуковой контроль проводится при температуре окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 40 °С и относительной влажности воздуха от 40 % до 80 %.

При проведении УЗТ должны применяться УЗ толщиномеры или дефектоскопы, позволяющие измерять толщину от 1 до 30 мм, с точностью измерений не менее 0,1 мм – для стальных конструкций и не менее 0,05 мм – для конструкций из алюминиевых сплавов, при температуре окружающего

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		42

воздуха от минус 10 °С до плюс 40 °С. В случае необходимости работы при температуре ниже минус 10 °С, должен осуществляться обогрев толщиномеров и ПЭП. При проведении УЗТ необходимо применять контактную жидкость, позволяющую обеспечить надежный акустический контакт при температуре окружающей среды. Для проведения ультразвукового контроля сварных соединений внутренних металлоконструкций и уторного шва РВС применяются импульсные ультразвуковые дефектоскопы общего назначения и дефектоскопы, обеспечивающие работу ПЭП с ФАР. Динамический диапазон экрана дефектоскопа должен составлять не менее 20 дБ.

Контроль антикоррозионного покрытия на наличие отслоений выполняется в два этапа:

- этап 1 – контроль околошовных зон нахлесточных сварных соединений днища в ходе выполнения контроля качества АКП;
- этап 2 – контроль околошовных зон стыковых сварных соединений при подтверждении результатов МК.

Ниже показана траектория перемещения РС ПЭП при сканировании



$L_{max}$  – диапазон перемещения ПЭП, в направлении, перпендикулярном шву

Рис. 14 Схема сканирования зоны контроля

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		43

#### 4.2. Методика измерения отклонений от вертикали образующих стенки резервуара электронным тахеометром

При использовании данной методики объектами измерения являются образующие стенки резервуаров вертикальных стальных, параметры которых указаны в таблице ниже.

№ п/п	Параметры резервуара	Значения параметров резервуара
1	2	3
1	Объем резервуаров (V), м <sup>3</sup> :	$100 \leq V \leq 50000$
2	Диаметр резервуаров (D), м:	$4,0 \leq D \leq 60,7$
3	Высота стенки (H), м:	$6,0 \leq H \leq 22,0$

Таблица 4. Параметры измеряемых резервуаров

При измерении отклонений от вертикали образующих стенки резервуара электронным тахеометром за вертикали принимаются вертикальные линии, проходящие через точки, расположенные на внешней поверхности стенки резервуара на расстоянии 100 мм выше границы уторного шва резервуара и в 100мм от границы вертикальных сварных швов первого пояса стенки резервуара по направлению часовой стрелки при виде сверху, а также через середину каждого листа первого пояса резервуара на расстоянии 100 мм выше границы уторного шва при длине листа более 6 метров.

За образующую стенки резервуара принимается радиальная проекция вертикали на стенку резервуара, которая обозначается на наружной стенки резервуара метками, нанесенными ниже горизонтальных сварных швов каждого пояса на расстоянии 50 мм от границы сварного соединения. В качестве метки используется координатный крест размерами 50x50 мм, нанесенный на стенку резервуара геодезическим маркером. Нумерация образующих ведется по часовой стрелки при виде сверху на резервуар, начиная от первой после крайнего левого приемо-раздаточного патрубка

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		44

вертикальной образующей, которой присваивается первый номер.

При техническом диагностировании резервуаров существует следующий порядок проведения измерений отклонения от вертикали образующих стенки резервуара:

- Производится разметка образующих резервуара, с помощью меток в виде координатных крестов, по наружной поверхности стенки резервуара от первой образующей с шагом, равным длине листа первого пояса, если длина листа меньше или равна 6 м. Если длина листа первого пояса превышает 6 метров, то шаг образующих принимается половине длины листа первого пояса.
- Производится измерение с обработкой результатов (начальная настройка и установка тахеометра, выполнение измерений, обработка данных на ПК)
- При техническом диагностировании проводится измерение всех меток, как при нижнем нормативном, так и при верхнем нормативном уровнях взлива резервуара.

В ходе проведения диагностического обследования резервуара при превышении допустимых значений отклонений, указанных для того или иного вида работ, дополнительно проводятся измерения отклонения от вертикали образующих стенки с шагом 1 м вправо и влево от образующей, имеющей превышение отклонения, до следующей образующей на опорожненном резервуаре при проведении полного технического диагностирования, или на минимальном уровне взлива при проведении частичного технического диагностирования. [16]

Ниже представлен пример определения отклонения образующих на высоте первого пояса для РВС-50000 с шириной листа 2,5 метра.

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		45

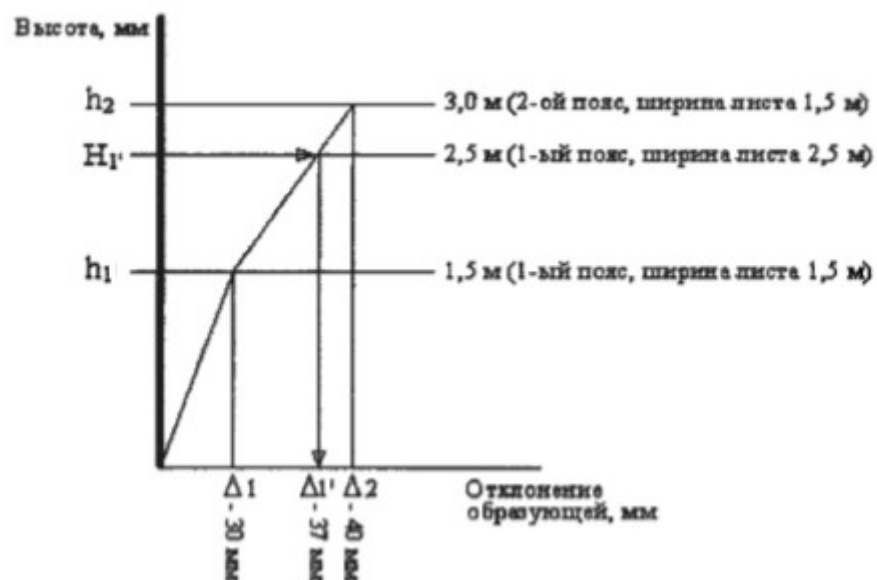


Рис. 15 Пример определения отклонения образующих

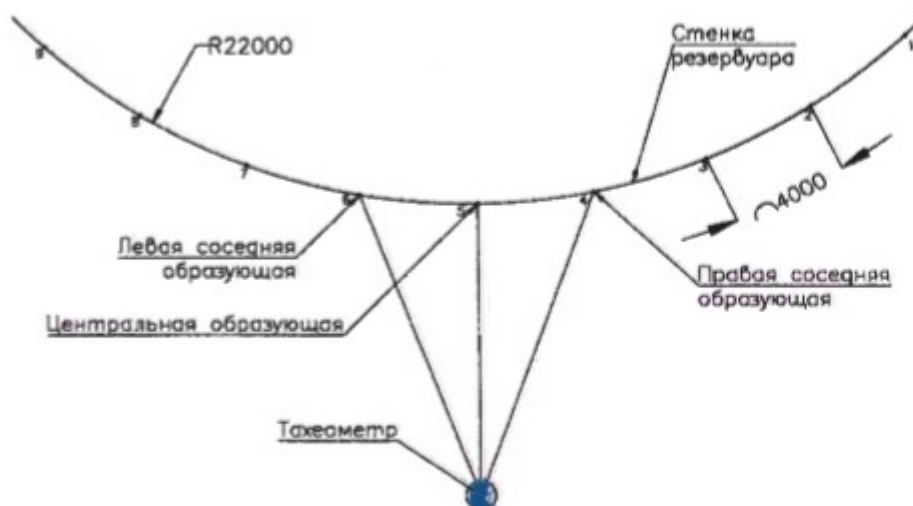


Рис. 16 Схема измерения трех образующих тахеометром, с одной станции

#### 4.3. Выявления дефектов и контроль герметичности резервуаров по сигналам акустической эмиссии

Способ акустико-эмиссионного контроля технического состояния резервуаров заключается в том, что на внешнюю поверхность стенки контролируемого резервуара устанавливают наружные датчики акустической

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		46

эмиссии, проводят цикл нагружения резервуара и с помощью датчиков АЭ фиксируют сигналы АЭ, испускаемые дефектами стенок и днища контролируемого резервуара, по которым судят о его техническом состоянии, помимо внешних датчиков АЭ дополнительно используют герметичный датчик АЭ, который помещают внутрь контролируемого резервуара и погружают в продукт, которым производится налив резервуара.

Суть метода состоит в том, что при контроле технического состояния резервуара, например типа РВС (резервуар вертикальный стальной), при АЭ обследовании на внешнюю поверхность стенки резервуара устанавливаются акустико-эмиссионные датчики, необходимое количество и схема расстановки которых определяется геометрическими размерами резервуара и акустическими свойствами конкретного объекта контроля. Нагружение резервуара осуществляется путем налива жидкости (вода, продукт хранения). Во время нагружения регистрируются и локализуются зоны с так называемыми источниками акустической эмиссии (ИАЭ), которые могут быть связаны с дефектами металла (развивающиеся дефекты в сварных швах и основном металле, зоны коррозионных поражений и места протечек в стенках и днище резервуара). Определение координаты источников АЭ осуществляется по разности времен прихода акустической волны от одного источника АЭ на разные датчики. Необходимым условием лоцирования, т.е. определения координаты источника АЭ на плоскости (днище резервуара) является то, что сигнал от ИАЭ должен быть зафиксирован как минимум тремя датчиками, так называемой «Антенной», иначе даже «услышанный» двумя датчиками полезный сигнал не будет лоцирован. При этом желательно, чтобы источник сигнала находился внутри Антенны. Погружаемый датчик АЭ (ПАЭД), как правило, совмещенный с преусилителем, может крепиться непосредственно на днище резервуара либо находиться на некотором расстоянии от него, например выше донного

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		47

осадка. При необходимости, например, при больших диаметрах днища может использоваться одновременно несколько ПАЭД. На рисунке 17 показан контролируемый резервуар 1 с системой установленных наружных АЭ датчиков 3, заполненный жидкостью 2, в которую помещен погружной датчик (ПАЭД) 4. Датчики через соединительные кабели 5 подключаются к аппаратуре обработки АЭ сигналов 6.

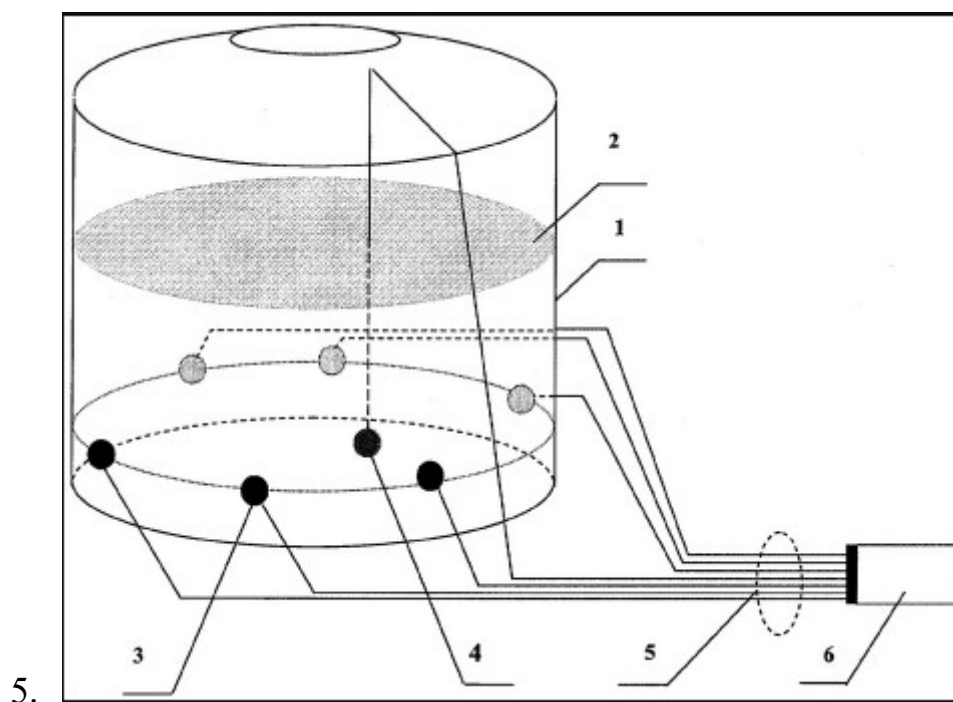


Рис. 17 Резервуар с системой установленных наружных АЭ датчиков

Так как ПАЭД находится наиболее близко к центральным областям днища и принимает АЭ сигналы непосредственно по продукту, которым производится налив резервуара, то он обладает наибольшей чувствительностью из всех используемых датчиков АЭ и заведомо «услышит» любой сигнал, который зафиксируют внешние датчики. При этом источник АЭ в любом случае будет расположен внутри одной из Антенн, образованных датчиками на обечайке резервуара и ПАЭД.

Таким образом, применение ПАЭД обеспечивает лучшие условия для приема сигналов АЭ и практически гарантирует выполнение обоих условий

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		48



точного расчета координат источника АЭ. Эти факторы значительно увеличивают общую чувствительность системы датчиков, что в ряде случаев позволяет снизить необходимое количество каналов.

Эффективность использования ПАД заключается в значительном снижении количества ложных локаций, увеличении точности определения координат источников акустической эмиссии, и их выявляемости, причем некоторые из источников АЭ проявляются, только при использовании погружного датчика.

В качестве акустико-эмиссионного комплекса может использоваться любой стандартный многоканальный АЭ прибор, позволяющий осуществлять многоканальную плоскостную локацию, т.е. вычислить координаты ИАЭ, стандартно применяемый для диагностики днищ резервуаров.

В отличие от большинства традиционных методов контроля метод акустической эмиссии обеспечивает контроль всей конструкции, включая основной металл и сварные соединения, одним или несколькими преобразователями АЭ, неподвижно установленными на поверхности объекта контроля.

Недостатком данного способа является то, что полнота выявления ИАЭ и точность определения их координат на днище существенно зависят от диаметра контролируемого резервуара. Это в первую очередь касается центральных областей днища, т.к. акустический сигнал от дефекта сильно затухает с увеличением расстояния от ИАЭ до датчиков, расположенных по периметру резервуара. Таким образом, сигнал ИАЭ может быть либо вообще не услышан, либо для него не выполнится условие Антенны и его координата не будет определена.

Также недостатком является то, что при больших размерах Антенн возможно появление ложных локаций в результате неправильного

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

объединения АЭ системой не связанных между собой акустических сигналов внутри Антенны, например объединения шумовых сигналов.

#### 4.4. Лазерное сканирование

Лазерное сканирование это автоматический процесс измерения расстояний от сканера до точек объекта и регистрация соответствующих направлений (вертикальных и горизонтальных углов). Оно выполняется при проведении частичного или полного диагностирования резервуара, при строительстве, ремонте, реконструкции резервуаров на этапах приемки днища, каждого пояса и крыши, а также по отдельному договору, с целью получения пространственных координат поверхности днища, стенки и крыши РВС в виде массива данных, необходимого для проведения измерения отклонения образующих от вертикали, нивелирования окрайки днища, выполнения расчетов напряженно-деформированного состояния РВС или иных расчетов в соответствии с требованиями технического задания с заданной точностью и дискретностью. Для повышения эффективности обработки результатов сканирования используют сканеры с возможностью фотосъемки, либо проводить фотосъемку сканируемой поверхности РВС со сканерных станций.

Для уменьшения времени сканирования и обработки, полученных данных сканирование выполняют участками. Ограничение сектора сканирования осуществляется настройкой ограничивающих горизонтальных и вертикальных углов. При определении размера сканируемого участка необходимо обеспечить пересечение предыдущего участка с последующим. Максимальный размер участка ограничивается в зависимости от технических характеристик сканера.

Программа проведения работ по сканированию содержит:

- цель проведения работ;

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		50

- состав и порядок проведения работ;
- сведения о специалистах, выполняющих работы;
- перечень используемого оборудования;
- меры безопасности при проведении работ;

В раздел «Состав и порядок проведения работ» должны входить предварительная схема расстановки сканерных станций, предварительная схема размещения специальных марок с указанием углов падения лазерного луча на марки и расстояний до них, а также выбранные параметры сканирования, которые обеспечат необходимый уровень точности и детализации результатов сканирования.

Раздел «Перечень используемого оборудования» должен включать в себя:

- комплект оборудования наземного сканера;
- необходимое геодезическое оборудование;
- измерительный инструмент (лазерный дальномер, рулетка), а также, при необходимости, комплект специальных марок и оборудование для их установки.

Также разрабатывается схема размещения сканерных станций и марок, и рассчитывается расстояния от сканерных станций до марок и углы падения лазерного луча на марки. Схема должна обеспечить максимально полную съемку поверхности элемента РВС. Схема размещения сканерных станций и марок зависит от размерных характеристик резервуара (диаметр, высота стенки), конструктивных особенностей его исполнения (тип крыши), схемы расположения резервуара в обваловании (расстояние от внутренней границы основания защитного обвалования до стенки резервуара).

Размещение сканерных станций и марок выполняется в следующей последовательности:

- строится масштабная модель резервуара в САД-системе на основании предоставленной информации о типе и размерных характеристиках

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		51

резервуара, о конструктивных особенностях его исполнения, а также планов и схем расположения резервуара и окружающей обстановки в обваловании;

- указываются точки размещения сканерных станций на масштабной модели с целью обеспечения съемки любой точки резервуара лазерным лучом, угол падения которого на поверхность не превышает  $45^\circ$ . Зоны сканирования должны пересекаться между собой участками не менее 1м. Число станций должно быть минимальным;
- указываются точки размещения марок на масштабной модели;
- определяются расстояния от марок до сканерных станций;
- определяются углы падения лазерного луча для каждой марки.

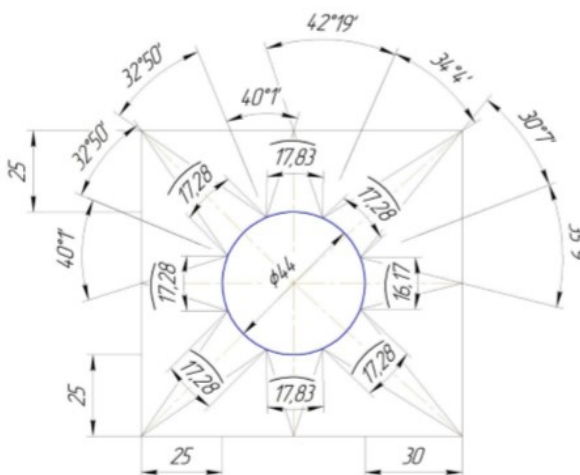


Рис. 18 Схема размещения сканерных станций и марок для сканирования РВС-20000

Обработанные облака точек регистрируются в единое облако точек. Способ регистрации зависит от использования специальных марок при сканировании. При применении марок необходимо использовать метод регистрации по маркам, без применения марок – методы «cloud to cloud» (способ регистрации сканов в единое облако точек, при котором используется участок перекрытия облаков точек (необходимое перекрытие

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		52

как правило составляет от 30 % до 40 %). В данном случае программа многократно проверяет расстояние между всеми точками участка перекрытия и на основании оценки этого расстояния выравнивает облако точек) или «surface to surface»(способ регистрации сканов в единое облако точек, при котором для регистрации используется участок перекрытия поверхностей облаков точек. В данном случае выравнивание происходит путем оценки евклидова расстояния между поверхностями методом наименьших квадратов и минимизацией этого расстояния). После регистрации проводится экспорт облака точек в полигональную модель. Полигональная модель обрабатывается программными средствами для устранения неполадок полигонов и заполнения отверстий в поверхности. При необходимости на поверхности устанавливаются искусственные границы. После обработки полигональная модель преобразуется в поверхность, на ней размечаются контуры и границы кривизны. Строится сетка и генерируется NURBS поверхность (Математическая форма, применяемая в компьютерной графике для генерации и представления кривых и поверхностей). [15]

Рассмотрим применение данного метода для обнаружения такого дефекта как, ненормативное отклонение образующей стенки от вертикали. С помощью полученной NURBS поверхности мы можем провести анализ дефектов поверхности резервуара путем сравнения его формы с идеальным цилиндром. Такое сравнение в программном комплексе 3DReshaper визуализируется в виде трехмерной цветовой карты отклонений. С ее помощью мы можем получить информацию об отклонениях в каждой конкретной точке, оценить размер и величину вмятин и выпуклостей, сравнить результаты с допусками, которые существуют для резервуаров разного размера и срока эксплуатации.

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		53

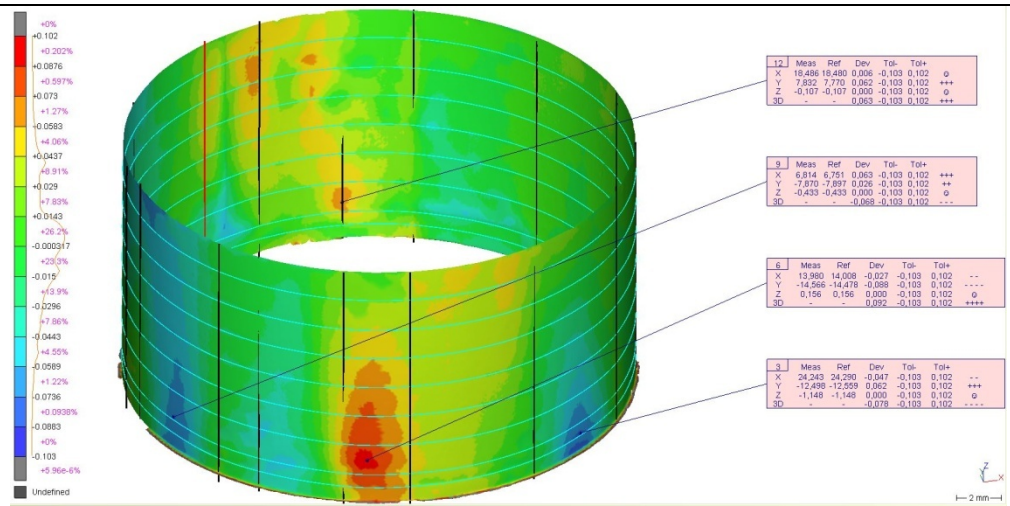


Рис.19 Цветовая карта отклонений

Подобным же образом можно оценить изменение геометрии резервуара во времени, сравнив данные текущей и прошлых съемок. При этом для корректного анализа важно, чтобы съемки производились при приблизительно одинаковой степени заполнения резервуаров. С помощью данной модели мы так же имеем возможность построить график, на котором представлены отклонения от образующей каждого вертикального пояса.

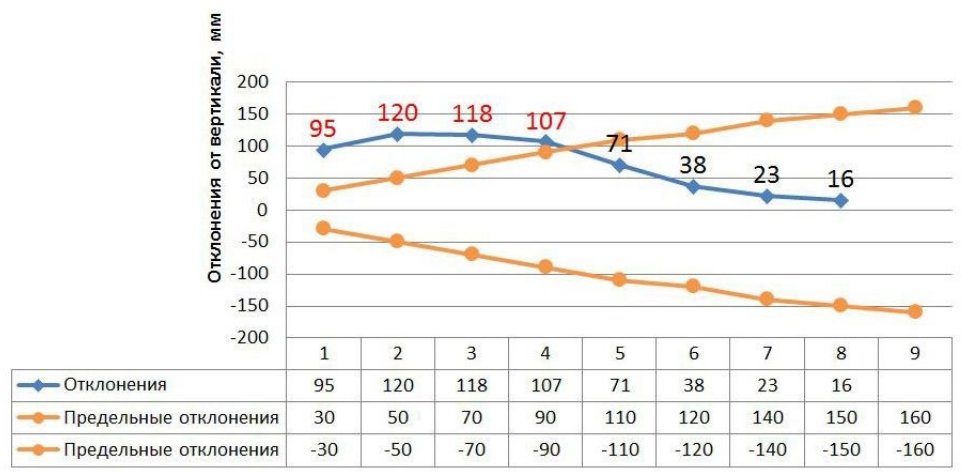


Рис. 20 График отклонений от образующей вертикальных поясов

Описанная выше технология имеет существенные преимущества перед традиционными методами за счет высокой скорости полевых работ, полноты и детализации полученных данных, а также существенной автоматизации процесса обработки при использовании сценариев и шаблонов.

#### 4.5. Перспективы развития метода лазерного сканирования резервуаров для повышения точности ремонтных работ

Изображения, получаемые при наземном лазерном сканировании, обычно несут чрезвычайно большой объём информации, являющийся в ряде случаев избыточным, это заключается в том, что соседние элементы изображения друг друга повторяют.

Именно свойства избыточности позволяют говорить о полной автоматизации процесса сбора информации об объекте. Помимо высокой степени автоматизации, наземное лазерное сканирование обладает также следующими достоинствами по отношению к другим методам обнаружения дефектов резервуаров:

- Возможностью определения пространственных координат точек объекта в полевых условиях (в момент сканирования измеряются дальность, вертикальный и горизонтальный углы, по которым вычисляются координаты X, Y, Z точек).
- Трёхмерной визуализацией в режиме реального времени, позволяющей на этапе производства полевых работ определить «мёртвые» зоны.
- Неразрушающим методом получения информации.
- Отсутствием необходимости обеспечения сканирования точек объекта с двух центров проектирования (стояния), в отличие от фотограмметрического способа.
- Высокой точностью измерений.
- Принцип дистанционного получения информации обеспечивает безопасность исполнителя при съёмке труднодоступных и опасных районов.
- Высокой производительностью. Наиболее важным достоинством применения наземного лазерного сканирования является сокращение

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		55

полевых работ при создании цифровых моделей объектов, следовательно, данная технология экономически выгодна по сравнению с другими.

- Работы можно выполнять при любых условиях освещения, т.е. днём и ночью, т.к. сканеры являются активными съёмочными системами.
- Высокой степенью детализации.
- Многоцелевым использованием результатов лазерного сканирования.

Таким образом, лазерное сканирование позволяет повышать точность планирования ремонтных работ, производимых на резервуарных парках, так как данный метод предоставляет обширную информацию о различных дефектах резервуара, а также позволяет строить различные 3D модели в программном обеспечении, которые дают огромные возможности для анализа состояния резервуара, построения и дальнейшего использования различных графиков, расчета необходимой информации о резервуаре (расчет деформации и напряжений в программном комплексе ANSYS).

Высокая степень автоматизации процессов лазерного сканирования позволяет снизить возможность погрешности различных измерений, на которые особо влияет человеческий фактор, а также увеличить скорость выполнения работ по обнаружению дефектов резервуара.

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		56



## 5. Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м<sup>3</sup>

Металлические емкости вертикальной компоновки являются вместительной тарой для хранения жидких сред. По общему расходу стали, идущей на строительство инженерных сооружений, цилиндрические цистерны вертикальной ориентации занимают вторую флагманскую позицию после промышленных построек из металлоконструкций. Данный факт подтверждает высокую потребность в наземных хранилищах, не занимающих больших территорий, но, позволяющих содержать крупные запасы жидких продуктов переработки нефти, ГРМ, аммиачных вод, пищевого сырья, технической и питьевой воды и т.д. Резервуары вертикальные стальные (РВС) 20000 м<sup>3</sup> производятся по стандартным и индивидуальным проектам, доставляясь на монтажную площадку в рулонном или листовом виде. Как и аналогичные емкости меньших объемов, РВС-20000 состоят из днища, замкнутой цилиндрической оболочки стен, крыши и обязательного оборудования, входящего в комплект каждого образца – площадок и оград на крыше, шахтной и кольцевой лестницы, технологических люков и штуцеров. Резервуары вертикальные стальные (РВС) 20000 м<sup>3</sup> имеют конические днища с зумпфами зачистки, установленными возле стенки, на расстоянии 60 см от кольцевой окрайки. Зумпфы необходимы для отвода подтоварных вод, что препятствует накоплению донных осадков. Кровля емкостей оснащается стационарной купольной или плавающей однодечной крышей, препятствующей потере

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ				
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата		Литера	Лист	Листов	
Разраб.		Волков Д.Э.		01.06.18		Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	ДР	57	98
Руковод.		Никульчиков В.К.		01.06.18			ОНД ИШПР Группа 2Б4Б		
Консульт.									
Руководитель ООП		Брусник О.В.		01.06.18					

хранимых сред с повышенным давлением насыщенных паров. Плавающая кровля состоит из мембраны и, размещенных по ее периметру, кольцевых коробов. Использование такой конструкции ограничивается в местах с повышенной снеговой нагрузкой, поскольку тяжелый слой снега способен привести к крену, либо потоплению крыши.[20]

Номинальный объем, м <sup>3</sup>	Диаметр, м	Высота, м
20000	45,6	16

Таблица – 5 Исходные данные

### Задание

- Определить геометрические параметры резервуара;
- Определить толщину всех поясов стенки резервуара;
- Рассчитать стенку резервуара на устойчивость.

### 5.1. Определение геометрических параметров резервуара

Выбор размеров стального прокатного листа, для изготовления стенки.

Размеры листа. В соответствии с рекомендациями ПБ 03-605-03 для изготовления стенки выбираем стальной лист с размерами в поставке 2000 × 8000 мм. С учетом обработки кромок листа с целью получения правильной прямоугольной формы при дальнейших расчетах принимаются следующие его размеры 1990 × 7990 мм. Сначала выбираем высоту резервуара. Для этого используем рекомендации ПБ 03-605-03. В соответствии с этими рекомендациями предпочтительная высота резервуара от 12 до 20 м

Высота резервуара. Для резервуара объемом  $V = 20000 \text{ м}^3$  принимаем номинальную высоту резервуара  $H_n = 16 \text{ м}$ . Соответственно количество поясов в резервуаре будет равно пяти ( $N_n = 8$ ). Точная высота резервуара

$$H = 1990 \cdot 8 = 15920 \text{ мм}.$$

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		58

Предварительный радиус резервуара. Радиус резервуара определяется из формулы для объема цилиндра:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H$$

$$R = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{20000 \cdot 10^3}{\pi \cdot 15920}} = 19997$$

Периметр резервуара  $L_{\pi}$  и число листов в поясе  $N_{л}$

$$L = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot \pi \cdot 19997 = 125645 \text{ мм}$$

$$N_{л} = \frac{L_n}{L} = \frac{125645}{7990} = 15,7$$

Предпочтительней округлять число листов в поясе до целого или выбирать последний лист равным половине длины листа. Принимаем число листов в поясе  $N_{л} = 16$ .

Тогда периметр резервуара

$$L_n = 16 \cdot 7990 = 127840 \text{ мм}$$

А окончательный радиус

$$R = \frac{L_n}{2 \cdot \pi} = \frac{127840}{2 \cdot \pi} = 20346 \text{ мм}$$

Уточненный объем резервуара.

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot H = \pi \cdot 20,346^2 \cdot 15920 = 20704 \text{ м}^3$$

## 5.2. Определение толщины стенки резервуара

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

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

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

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 днища до расчетного уровня, м;

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

$\gamma$  – коэффициент условий работы,

$\gamma_c = 0,7$  для нижнего пояса,

$\gamma_c = 0,8$  для остальных поясов.

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

$$R_y = \frac{R_y^H}{\gamma_m \cdot \gamma_H}$$

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

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

$\gamma_H = 1,1$ .

Стенка резервуара относится к основным конструкциям подгруппы «А», для которых должна применяться сталь класса С345 (09Г2С-12) с нормативным расчетным сопротивлением  $R_y^H = 345$  МПа.

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		60

Вычисляем расчетное сопротивление:

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

Вычисление предварительной толщины стенки для каждого пояса резервуара

При вычисление используем формулу , в которой, начиная со второго пояса, единственным изменяемым параметром при переходе от нижнего пояса к верхнему является координата нижней точки каждого пояса:

$$x_i = B \cdot (i - 1)$$

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:  $B=2,0\text{м}$ ;  $H=16\text{ м}$ ;  $R=20,4\text{ м}$ .

Толщина первого пояса определяется при:

$$\gamma_c = 0,7; H_{\max} = H; x = 0.$$

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

=

$$\delta_1 = \frac{[1,05 \cdot 900 \cdot 9,81 \cdot (16 - 0) + 1,2 \cdot 2000] \cdot 20,4}{0,7 \cdot 293 \cdot 10^6}$$

= 15 мм.

Для второго пояса, при  $\gamma_c = 0,8$ ;  $x = 2$ .

$$\delta_2 = \frac{[1,05 \cdot 900 \cdot 9,81 \cdot (16 - 2) + 1,2 \cdot 2000] \cdot 20,4}{0,8 \cdot 293 \cdot 10^6}$$

= 11,5 мм.

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		61

Для остальных поясов резервуара полученные значения для толщины стенки приведены в таблице 6.

Номер пояса	Толщина стенки, мм	Номер пояса	Толщина стенки, мм
1	15,0	5	6,7
2	11,5	6	5,0
3	9,9	7	3,4
4	8,3	8	1,8

Таблица 6 – толщина стенки поясов резервуаров

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  $\delta_{кc}$

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

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

Где:

$C_i$  – припуск на коррозию, мм;

$\Delta$  – значение минусового допуска на толщину листа, мм;

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

Величину минусового допуска определяют по предельным отклонениям на изготовление листа. Припуск на коррозию элементов резервуара представляется заказчиком (в курсовом проекте припуск на коррозию необходимо выбирать 2-3 мм).

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		62

В таблице 7 приводятся все данные для выбора номинального размера толщины стенки.

Номер пояса	$\delta_i$ , мм	$C_i$ , мм	$\Delta_i$ , мм	$\delta_i + C_i + \Delta_i$	$\delta_{кс}$	$\delta_n$
1	15,0	2,0	0,45	17,45	11,0	18,0
2	11,5			13,95		14,0
3	9,9			12,35		13,0
4	8,3			10,75		11,0
5	6,7			9,15		11,0
6	5,0			7,45		11,0
7	3,4			5,85		11,0
8	1,8			4,25		11,0

Таблица 7 – номинальная толщина стенки

### 5.3. Расчет стенки резервуара на устойчивость

Проверка устойчивости стенки резервуара производится по формуле:

$$\frac{\sigma_{i1}}{\sigma_{i01}} + \frac{\sigma_{i2}}{\sigma_{i02}} \leq 1$$

Где:

$\sigma_{i1}$  - расчетные осевые напряжения в стенке резервуара, МПа

$\sigma_{i2}$  - расчетные кольцевые напряжения в стенке резервуара, МПа

$\sigma_{i01}$  - критические осевые напряжения в стенке резервуара, МПа

$\sigma_{i02}$  – критические кольцевые напряжения в стенке резервуара, МПа

Осевые напряжения определяются по минимальной толщине стенки пояса, кольцевые напряжения – по средней толщине стенки.

Расчетные осевые напряжения для резервуаров РВС определяются по формуле:

$$\sigma_{i1} = \frac{n_3 \cdot (G_{кр} + G_{ст,i}) + \psi \cdot (n_{сн} \cdot G_{сн} + n_2 \cdot G_{вак})}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \delta_i}$$

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		63

Где:

$n_3 = 1,05$  – коэффициент надежности по нагрузке от собственного веса;

$n_{сн} = 1,4$  – коэффициент надежности по снеговой нагрузке;

$G_{кр}$  – вес покрытия резервуара, Н;

$G_{ст,i}$  – вес вышележащих поясов стенки, Н;

$G_{сн}$  – полное расчетное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия, Н;

$G_{вак}$  – вес покрытия резервуара, Н;

$\delta_i$  – расчетная толщина стенки  $i$ -го пояса резервуара, м.

#### Определение веса крыши.

Вес покрытия резервуара рассчитывается по нормативному давлению крыши  $p_{кр}$ :

$$G_{кр} = p_{кр} \cdot \pi \cdot R^2$$

Для резервуара объемом  $V = 20000 \text{ м}^3$  давление крыши  $p_{кр} = 0,55 \text{ кН/м}^2$

$$G_{кр} = 0,55 \cdot \pi \cdot 20,4^2 = 719 \text{ кН}$$

#### Определение веса стенки резервуара

Вес вышележащих поясов стенки резервуара определяется из условия, что высота всех поясов одинакова и равна ширине листа В:

$$G_{сн} = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot B \cdot \gamma_{ст} \cdot \sum_{k=i}^a \delta_k$$

где  $a$  – номер последнего пояса, если начало отсчета снизу;

$\gamma_{ст} = 78,5 \text{ кН/м}^3$  – удельный вес стали.

Вес стенки при расчете первого пояса:

$$\begin{aligned} G_{сн} &= 2 \cdot \pi \cdot 20,4 \cdot 2 \cdot 78,5 \cdot (18 + 11,55 + 10,55 + 5 + 8,55) \cdot 10^{-3} \\ &= 1666 \text{ кН} \end{aligned}$$

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом $20000 \text{ м}^3$	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



Результаты расчетов веса стенки для всех поясов приведены в таблице 8

Номер пояса	Вес стенки $G_{ст}$ , кН	Номер пояса	Вес стенки $G_{ст}$ , кН
1	1618	5	689
2	1305	6	517
3	1073	7	345
4	861	8	172

Таблица 8 – Расчеты веса стенки

### Определение снеговой нагрузки

Нормативная снеговая нагрузка на горизонтальную проекцию резервуара:

$$p_{сн} = \mu \cdot S_g$$

где  $\mu$  – коэффициент перехода от веса снегового покрытия горизонтальной поверхности земли к снеговой нагрузке на трубопровод;

$S_g$  – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли, которое выбирается по СНИП 2.01.07-85 для соответствующего снегового района Российской Федерации.

Для примера возьмем город Сургут, который находится в IV снеговом районе, для которого  $S_g = 2,4$  кН. Коэффициент  $\mu$  берем равным 1 для такого варианта крыши, когда угол наклона поверхности крыши к горизонтальной плоскости  $25^\circ \leq \alpha$

Тогда вес снегового покрова на всю крышу:

$$G_{сн} = p_{сн} \cdot \pi \cdot R^2 = \mu \cdot S_g \cdot \pi \cdot R^2 = 1 \cdot 2,4 \cdot \pi \cdot 20,4^2 = 3138 \text{ кН}$$

### Определение нагрузки от вакуума

Нормативная нагрузка от вакуума на покрытие определяется как

$$G_{вак} = p_{вак} \cdot \pi \cdot R^2 = \pi \cdot 20,4^2 \cdot 0,25 = 327 \text{ кН}$$

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		65

Определение осевых напряжений в каждом поясе стенки резервуара от вертикальной нагрузки

Определение напряжений в первом поясе:

$$\sigma_{i1} = \frac{n_3 \cdot (G_{кр} + G_{ст,i}) + \psi \cdot (n_{сн} \cdot G_{сн} + n_2 \cdot G_{вак})}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \delta_i} =$$
$$\sigma_{i1} = \frac{1,05 \cdot (719 + 1618) + 0,9 \cdot (1,4 \cdot 3138 + 1,2 \cdot 327)}{2 \cdot \pi \cdot 20,4 \cdot 11,55 \cdot 10^{-3}} = 4,4 \text{ МПа}$$

Аналогично проводим расчеты осевых напряжений остальных поясов(таблица 11).

Определение осевых критических напряжений

Осевые критические напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_{01} = C \cdot E \cdot \frac{\delta_i}{R}$$

Где,

где  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа – модуль упругости стали;

Коэффициент  $C$  выбирается по СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» по таблице 9:

600	800	1000	1500	2500
0,11	0,09	0,08	0,07	0,06

Таблица 9 – значение коэффициента  $C$

Для определения коэффициента  $C$ , нужно вычислить среднюю толщину стенки:

$$\delta_{ср} = \frac{18 + 11,55 + 10,55 + 5 \cdot 8,55}{8} = 10,3 \text{ мм}$$

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		66

Теперь вычисляем отношение радиуса резервуара к средней толщине: стенки:

$$\frac{R}{\delta_{\text{ср}}} = \frac{20,4}{10,3 \cdot 10^{-3}} = 2040$$

Используя метод интерполяции, находим коэффициент С по таблице 9:  
С = 0,065

Вычисляем осевые напряжения, для первого пояса:

$$\sigma_{01} = C \cdot E \cdot \frac{\delta_i}{R} = 0,065 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{11,55 \cdot 10^{-3}}{20,4} = 1 \text{ МПа}$$

Аналогично проводим расчеты осевых критических напряжений остальных поясов(таблица 11).

#### Определение кольцевых напряжений

Расчетные кольцевые напряжения в стенке при расчете на устойчивость резервуара определяются по формуле:

$$\sigma_2 = \frac{p_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}} + p_{\text{вак}} \cdot n_2}{\delta_{\text{ср}}} \cdot R$$

Где,

$n_{\text{в}} = 1,4$  – коэффициент надежности по ветровой нагрузке;

$\delta_{\text{ср}}$  – средняя арифметическая толщина стенки резервуара, м.

$p_{\text{в}}$  – нормативное значение ветровой нагрузки на резервуар, Па которое находится по формуле:

$$p_{\text{в}} = W_0 \cdot k_2 \cdot C_i$$

Где,

$W_0$  – нормативное значение ветрового давления, для рассматриваемого района, Па;

$k_2$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
						67
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

$C_i$  – аэродинамический коэффициент.

Для выбранного нами для примера Сургута, который является вторым по давлению ветра,  $W_0 = 0,3$  кПа. Коэффициент  $k_2=1$  для резервуаров высотой от 10 до 20 метров. Коэффициент  $C_i$  выбирается по СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» по таблице 10:

$\frac{H}{2R}$	0,17	0,25	0,5	1,0	2,0
$C_i$	0,5	0,55	0,7	0,8	0,9

Таблица 10 – значения аэродинамического коэффициента

Определяем отношение:

$$\frac{H}{2R} = \frac{16}{2 \cdot 20,4} = 0,39$$

Используя метод интерполяции, находим коэффициент  $C_i$  по таблице 10,  $C_i = 0,63$ .

Вычисляем ветровую нагрузку (давление):

$$p_v = W_0 \cdot k_2 \cdot C_i = 0,3 \cdot 1 \cdot 0,63 = 0,19 \text{ кПа}$$

Вычисляем кольцевые напряжения:

$$\sigma_2 = \frac{p_v \cdot n_v + p_{\text{вак}} \cdot n_2}{\delta_{\text{ср}}} \cdot R = \frac{0,19 \cdot 1,4 + 0,25 \cdot 1,2}{10 \cdot 10^{-3}} \cdot 20,4 = 1,2 \text{ МПа}$$

Критические кольцевые напряжения определяются по формуле:

$$\delta_{02} = 0,55 \cdot E \cdot \frac{R}{H} \cdot \left(\frac{\delta_{\text{ср}}}{R}\right)^{\frac{3}{2}}$$

где  $H$  – геометрическая высота стенки резервуара, м

$$\delta_{02} = 0,55 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{20,4}{16} \cdot \left(\frac{10,3 \cdot 10^{-3}}{20,4}\right)^{\frac{3}{2}} = 1,6 \text{ МПа}$$

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		68

Номер пояса	$\sigma_1$ , МПа	$\sigma_{01}$ , МПа	$\frac{\sigma_1}{\sigma_{01}}$	$\sigma_2$ , МПа	$\sigma_{02}$ , МПа	$\frac{\sigma_2}{\sigma_{02}}$	$\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{\sigma_{01} \sigma_{02}}$
1	3,4	10,4	0,33	1,2	1,6	0,75	1,08
2	4,4	7,7	0,57				1,32
3	4,6	7,0	0,66				1,41
4	5,5	5,7	0,96				1,71
5	5,3	5,7	0,93				1,68
6	5,2	5,7	0,91				1,66
7	5,0	5,7	0,88				1,63
8	4,8	5,7	0,84				1,59

Таблица 11 – Результаты расчетов

:

					Расчет строительных конструкций вертикального стального резервуара объемом 20000 м <sup>3</sup>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		69



безопасности опасных производственных объектов», «Об основах охраны труда в РФ». Согласно Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» резервуары и резервуарные парки, входящие в состав НПС, относятся к опасным производственным объектам. В процессе эксплуатации резервуара возможно развитие следующих вредных и опасных производственных факторов: некоторые виды работ проводятся на больших высотах, что может привести к падению человека при несоблюдении правил безопасности; перед реконструкцией или ремонтом резервуар в большинстве случаев нужно опорожнить и полностью проветрить от внутренней газо-воздушной смеси (имеется опасность взрыва).

## **6.2 Производственная безопасность**

### **6.2.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации**

При эксплуатации резервуаров и резервуарных парков возможно наличие следующих опасных и вредных производственных факторов:

- образование взрывоопасной среды;
- загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- выполнение работ на высоте;
- повышенная или пониженная подвижность воздуха;
- недостаточная освещенность на рабочем месте;
- воздействие на организм человека электрического тока;
- повышенная или пониженная влажность воздуха.

Основным опасным фактором, относящимся к физико-химической

					Социальная ответственность	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		71

природе вредности, при эксплуатации резервуара, является нефть и нефтепродукты. Они представляют собой сложную жидкую смесь углеводородов и высокомолекулярных углеводородных соединений с гетератомами кислорода, серы, азота, некоторых металлов и органических кислот, растворенных углеводородных газов, минеральных солей, воды и других элементов. Опасные и вредные свойства нефти и входящих в ее состав легких и тяжелых углеводородных фракций (газожидкостной нефтегазовой среды) заключается в следующем:

- нефтегазовая среда взрыво и пожароопасна;
- нефть имеет низкую температуру вспышки (-36 - +35 °С);
- способна накапливать электрические заряды, создающие реальную угрозу взрыва, пожара и поражения людей электрическим током;
- образует с серой пиррофорные соединения, способные при контакте с воздухом самовоспламеняться;
- нефть и нефтепродукты токсичны;
- отдельные ее фракции и компоненты химически агрессивны;[27]

Углеводородные газы, содержащиеся в нефти, взрывоопасны и токсичны. Они тяжелее воздуха в 3–4 раза, следовательно, способны скапливаться в пониженных местах (котлованах, приемках, колодцах, оврагах и т.п.) и продолжительное время удерживаться там. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны по санитарным нормам - это концентрации вредных веществ, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности работы, но не более 40ч в неделю, не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья работающих в процессе работы и в течение всей жизни. Предельно допустимая взрывобезопасная концентрация горючих веществ (ПДБК) - это концентрации взрывоопасных

					Социальная ответственность	Лист
						72
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



и вредных веществ в воздухе рабочей зоны, выше которых запрещено проведение огневых работ. Величины ПДК для воздуха измеряются в мг/м<sup>3</sup>. Величины ПДВК измеряются в %. ПДК нефтепродуктов и углеводородов нефти - 300 мг/м<sup>3</sup> ПДВК до 5% НКПР (примерно 2000 мг/м<sup>3</sup>).[23]

В резервуарных парках средства коллективной и индивидуальной защиты работников должны соответствовать требованиям действующих государственных стандартов. Средства коллективной защиты работников включают средства нормализации условий работы и средства снижения воздействия на работников вредных производственных факторов:

- воздушной среды;
- освещения;
- уровня шума и вибрации;
- защиты от поражения электрическим током и от статического электричества;
- защиты от движущихся узлов и деталей механизмов;
- защиты от падения с высоты и другие средства.

В комплексе мероприятий по обеспечению безопасности труда и профилактике заболеваний также важную роль играют средства индивидуальной защиты, которые предотвращают или снижают воздействие опасных и вредных производственных факторов на человека. Средства защиты работающих применяются для предотвращения или уменьшения воздействия на работающих опасных и вредных производственных факторов. Средства защиты должны создавать, наиболее благоприятные для организма человека соотношения с окружающей средой и обеспечивать оптимальные для трудовой деятельности условия. Средства индивидуальной защиты в зависимости от назначения подразделяют на классы:

- костюмы изолирующие;

					Социальная ответственность	Лист
						73
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

- средства защиты органов дыхания;
- одежда специальная защитная;
- средства защиты ног;
- средства защиты рук;
- средства защиты головы;
- средства защиты лица;
- средства защиты глаз;
- средства защиты органа слуха;
- средства защиты от падения с высоты и другие предохранительные средства;
- средства дерматологические защитные;
- средства защиты комплексные.

Выбор конкретного типа средства защиты работающих должен осуществляться с учетом требований безопасности для данного процесса или вида работ.

На объектах типа резервуарный парк работники во время работы должны пользоваться выданной им спецодеждой, спецобувью и другими средствами индивидуальной защиты, которые по своим характеристикам должны соответствовать требованиям соответствующих стандартов безопасности труда и иметь сертификаты соответствия.

Для защиты органов дыхания должны применяться средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).

Фильтрующие промышленные противогазы для защиты органов дыхания, лица и глаз от парогазовредных веществ должны применяться и подвергаться испытаниям в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов.

При работах внутри емкостей, в траншеях, колодцах и других работах,

					Социальная ответственность	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

выполняемых в среде с недостаточным содержанием кислорода (по объему менее 20%), для защиты органов дыхания должны применяться шланговые или кислородно-изолирующие противогазы в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов или воздушно-изолирующие аппараты. Использование фильтрующих противогазов в этих случаях не допускается.

Защитные средства и предохранительные приспособления перед выдачей работникам нефтебаз подвергают осмотру и испытанию в соответствии с установленными требованиями. Пользоваться неисправными защитными средствами и предохранительными приспособлениями не допускается.[29]

### **6.2.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации**

Одним из характерных и наиболее опасных по своим последствиям видов механической опасности в резервуарных парках является разлив нефти или нефтепродукта при полном разрушении вертикального стального резервуара. Площадь разлива хранимых продуктов при разрушениях резервуаров достигает сотен тысяч квадратных метров. Ежегодно в России регистрируется две-три такие аварии. Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов наносят ущерб окружающей природной среде и приводят к значительным материальным и финансовым потерям, нарушают условия жизнедеятельности людей и производственной деятельности предприятий. Для защиты от растекания нефтепродуктов при авариях на РВС в отечественной и мировой практике применяются земляные обвалования или ограждающие стены из негорючих материалов. Согласно действующим нормативным документам такие преграды рассчитывают только на гидростатическое давление относительно медленно вытекающего из поврежденного РВС продукта, поэтому они не могут удержать мощный поток жидкости, образующийся при квазимгновенном разрушении

					Социальная ответственность	Лист
						75
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

резервуара. Отличительными признаками такого разрушения являются: полная потеря целостности корпуса РВС, выход в течение короткого промежутка времени всей хранящейся в резервуаре жидкости в виде волны прорыва, которая характеризуется нестационарностью потока, наличием резкого фронта в виде бора (вала), достигающего значительной высоты и движущегося с большой скоростью. Волна обладает большой разрушительной силой, часто приводящей к повреждению соседних резервуаров в каре обвалования, размыву тела земляного обвалования или разрушению ограждающей стены. Даже при сохранении целостности и устойчивости нормативной преграды через нее происходит перелив значительного объема жидкости.[25]

В последнее время для предотвращения аварийного разлива нефти и нефтепродуктов находят применение двустенные резервуары (в этом случае допускается не устраивать ограждающие сооружения), а для локализации площади разлива вместо нормативных ограждений предлагается использовать защитные стены с волнеотражающим козырьком. Заменить все РВС, находящиеся в эксплуатации, на двустенные резервуары не представляется возможным. Кроме того, при определенных достоинствах такие резервуары значительно дороже РВС, при их эксплуатации возможно образование горючей паровоздушной смеси в межстенном пространстве, а также имеются трудности при обслуживании основного резервуара и другие недостатки. Защитные стены с волноотражающим козырьком нерационально использовать для защиты резервуаров на нефтепромыслах, резервуарных парков небольших нефтебаз, при недостаточной несущей способности грунта, так как они представляют собой монументальные сооружения, высота которых соизмерима с высотой защищаемых резервуаров, а толщина стен у основания достигает 1,5 м и более.

					Социальная ответственность	Лист
						76
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Основным видом термической опасности на резервуарных парках, являются возгорания нефти и пожары. Пожар в резервуаре в большинстве случаев начинается с взрыва паровоздушной смеси. На образование взрывоопасных концентраций внутри резервуаров оказывают существенное влияние физико-химические свойства хранимых нефти и нефтепродуктов, конструкция резервуара, технологические режимы эксплуатации, а также климатические и метеорологические условия. Взрыв в резервуаре приводит к подрыву (реже срыву) крыши с последующим горением на всей поверхности горючей жидкости. При этом, даже в начальной стадии, горение нефти и нефтепродуктов в резервуаре может сопровождаться мощным тепловым излучением в окружающую среду, а высота светящейся части пламени составлять 1-2 диаметра горящего резервуара. Основным средством тушения нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках является воздушно-механическая пена средней и низкой кратности.[28]

Огнетушащее действие воздушно-механической пены заключается в изоляции поверхности горючего от факела пламени, снижении вследствие этого скорости испарения жидкости и сокращении количества горючих паров, поступающих в зону горения, а также в охлаждении горящей жидкости. Роль каждого из этих факторов в процессе тушения изменяется в зависимости от свойств горящей жидкости, качества пены и способа ее подачи. Для современных резервуаров типа РВС выравнивание температуры по всему объему горящей жидкости при нормативной интенсивности подачи раствора пенообразователя происходит в течение 15 мин тушения при подаче пены сверху и в течение 10 мин при подаче под слой горючего. Это время необходимо принимать в качестве расчетного при определении запаса пенообразователя для тушения нефти и нефтепродуктов воздушно-механической пеной. Нормативный запас пенообразователя согласно СНиП

					Социальная ответственность	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

2.11.03-93 следует принимать из условия обеспечения трехкратного расхода раствора пенообразователя на один пожар. Дальность растекания пены средней кратности по поверхности горючей жидкости обычно не превышает 25 м.

При эксплуатации резервуарного парка, отдельное внимание нужно уделять электробезопасности. Безводная нефть и нефтепродукты являются диэлектриками. Так, твердые парафины применяются в электротехнической промышленности в качестве изоляторов, а специальные нефтяные масла (конденсаторное, трансформаторное) – для заливки трансформаторов, конденсаторов и другой аппаратуры, например, для наполнения кабелей высокого давления (изоляционное масло С-220). Высокие диэлектрические свойства нефтепродуктов способствуют накоплению на их поверхности зарядов статического электричества. Их разряд может вызвать искру, а следовательно и загорание нефтепродукта. Надежным методом борьбы с накоплением статического электричества является заземление всех металлических частей аппаратуры, насосов, трубопроводов и т.п.

Образование статического электричества может произойти от ряда самых разнообразных причин: при перекачке нефтепродуктов с большой скоростью в результате трения о трубы; в результате ударов жидкой струи при заполнении емкостей или резервуаров; в результате трения брызг и нефти с окружающим воздухом. Если изолированные металлические емкости или трубопроводы примут высокие потенциалы относительно земли, то между ними и заземленными предметами возникнет искровой разряд, который может вызвать загорание или взрыв нефтепродуктов и нефтей. Для предупреждения возникновения опасных искровых разрядов с поверхности нефти и нефтепродуктов, оборудования, а также с тела человека, необходимо предусматривать меры, уменьшающие величину заряда и обеспечивающие

					Социальная ответственность	Лист
						78
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

стекание возникающего заряда статического электричества. Для снижения интенсивности накапливания электрических зарядов, нефтепродукты должны закачиваться в емкости, цистерны и резервуары без разбрызгивания, распыления или бурного перемешивания. Она должна поступать ниже уровня находящегося в емкости остатка нефтепродукта. Если емкость пустая, то расстояние от конца загрузочной трубы до конца приемного сосуда не должно превышать 200 мм, а если это невозможно, то струя должна быть направлена вдоль стенки емкости. До момента заполнения конца приемо-раздаточного патрубка скорость подачи нефти в емкость в этом случае не должна превышать 1 м/с. Для обеспечения стекания возникшего электростатического заряда все металлические части аппаратуры, насосов и трубопроводных коммуникаций должны быть заземлены, а также должен осуществляться постоянный электрический контакт тела человека с заземлителем. Средства защиты от статического электричества должны соответствовать ГОСТ 12.4.124. Для предупреждения возникновения искровых разрядов с поверхности оборудования, нефти и нефтепродуктов, а также с тела человека необходимо предусматривать, с учетом особенностей производства, следующие меры, обеспечивающие стекание возникающего заряда статического электричества:[28]

- снижение интенсивности генерации заряда статического электричества;
- устройство заземления оборудования резервуаров и коммуникаций, а также обеспечение постоянного контакта тела человека с заземлением;
- уменьшение удельного объемного и поверхностного электрического сопротивления;
- использование радиоизотопных, индукционных и других нейтрализаторов.

					Социальная ответственность	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Проектирование и устройство молниезащиты при сооружении и реконструкции резервуаров должно выполняться согласно требованиям СН 305—77 (часть II, прил. 1, п. 50).

Резервуары для легковоспламеняющейся и горючей жидкости относятся по устройству молниезащиты:

- ко II категории (резервуары, относящиеся по ПУЭ к зонам класса В-1г);
- к III категории (резервуары, относящиеся по ПУЭ к зонам класса II—III).

Резервуары, отнесенные по устройству молниезащиты ко II категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной продукции и заноса высоких потенциалов через трубопроводы. Резервуары, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от прямых ударов молнии, электростатической индукции, заноса высоких потенциалов через трубопроводы. Защита от электромагнитной индукции не требуется. Резервуары с толщиной металла крыши менее 4 мм должны быть защищены от прямых ударов молнии отдельно стоящими или установленными на самом резервуаре молниеотводами. Корпус резервуара при толщине металла крыши 4 мм и более, а также отдельные резервуары вместимостью менее 200 м<sup>3</sup> независимо от толщины металла крыши достаточно присоединить к заземлителям. Резервуары, а также группы резервуаров II категории по устройству молниезащиты при общей вместимости парка резервуаров более 100 тыс. м<sup>3</sup> должны быть защищены от прямых ударов молнии отдельно стоящими молниеотводами. В экономически обоснованных случаях допускается защита молниеотводами, установленными на самих резервуарах.

					Социальная ответственность	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



При защите металлических резервуаров отдельно стоящими молниеотводами корпуса резервуаров должны быть присоединены к заземлителям, к этим же заземлителям допускается присоединение токоотводов отдельно стоящих молниеотводов. При устройстве нового молниеотвода необходимо сначала сделать заземлитель и токоотводы, затем установить молниеприемник и немедленно присоединить его к токоотводу.[28]

### 6.3. Экологическая безопасность

Безопасность окружающей среды на резервуарных парках должна обеспечиваться отсутствием неконтролируемых налива, хранения и опорожнения резервуара. В процессе должны быть исключены негативные воздействия на окружающую среду.

При хранении нефтепродуктов в резервуаре образовывается газоздушная 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.[24]

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.

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.

					Социальная ответственность	Лист
						81
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

## Методы локализации разливов нефтепродуктов:

- Термический
- Механический
- Биологический
- Физико-химический

Основным методом считается механический. Большая эффективность этого метода достигается в начале разлива, когда толщина нефтяного слоя остается большой.

Термический метод основан на выжигании слоя нефти. Физико-химический использование диспергентов и сорбентов. Сорбенты при соприкосновении с нефтью впитывают её, образуя комья до максимума насыщенного нефтью.

Биологический метод применяется после физико-химического и механического метода, когда толщина слоя не менее 0,1 мм. В его основе лежит окисление углеводорода или биохимических препаратов.

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 требованиям лесного хозяйства обязаны:

- обеспечить минимальное повреждение почв, травянистой и моховой растительности
- произвести очистку лесосек и ликвидировать порубочные остатки;

					Социальная ответственность	Лист
						82
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

– не допускать повреждения корневых систем и стволов опушечных деревьев.[29]

					Социальная ответственность	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		83

## 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Для обоснования эффективности внедрения лазерного сканирования для диагностических работ на резервуарных парках, с целью повышения точности данных работ, проведем экономический анализ, на основе изученных материалов по предмету финансовый менеджмент. Нашими целями являются:

- Сравнение преимуществ и недостатков лазерного сканирования резервуаров и традиционного метода (диагностика с помощью нивелирования и применения тахеометров);
- Расчет нормативной продолжительности выполнения работ с помощью лазерного сканирования;
- Расчет нормативной продолжительности выполнения работ с помощью традиционного метода;
- Предоставление сметной стоимости выполнения работ с расчетом отдельных статей сметы с помощью лазерного сканирования и с помощью традиционных методов;
- Расчет экономической эффективности внедрения метода лазерного сканирования и обоснования целесообразности введения данного метода для диагностических работ на резервуарных парках.

Для более детального представления сильных и слабых сторон метода лазерного сканирования резервуаров проведем SWOT-анализ.

SWOT-анализ – это метод оценки текущей ситуации и будущих

					Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата				
Разраб.		Волков Д.Э.		01.06.18	<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Никульчиков В.К.		01.06.18		ДР	84	98
Консульт.		Макашева Ю.С.				ОНД ИШПР Группа 2Б4Б		
Руководитель в ООП		Брусник О.В.		01.06.18				

перспектив бизнеса (в нашем случае современного метода), основная задача которого: определить сильные (Strengths) и слабые стороны (Weakness), возможности (Opportunities) и угрозы (Threatens).

Ниже представлен SWOT-анализ для метода лазерного сканирования:

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трехмерность данных;</li> <li>– Множество видов представления результатов;</li> <li>– Высокая точность и детальность;</li> <li>– Дистанционность;</li> <li>– Оперативность съемочных работ;</li> <li>– Высокая мобильность комплекса;</li> <li>– Позволяет получать координаты с одной точки стояния;</li> <li>– Упрощенная схема привязки к системе координат</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Дорогая стоимость оборудования;</li> <li>– Влияние вибрации на результаты диагностики</li> <li>– Возможные ошибки в программных комплексах при составлении модели</li> </ul>
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Работа с результатами лазерного сканирования может выполняться в режиме реального времени, что для традиционных способов невозможно</li> <li>– Существенно упрощен процесс постобработки данных</li> <li>– Лазерным сканером может управлять один человек</li> <li>– Возможность быстрого построение компьютерной модели после получения результатов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сокращение затрат компании на другие сферы, при покупке лазерных сканеров;</li> <li>– Не точное составление компьютерной модели, приводящее к ошибочной диагностике</li> </ul>

Таблица 13 – SWOT-анализ метода Лазерного сканирования

Рассмотрим нормы времени, для проведения полной диагностики резервуара, проведенной традиционными методами (рассмотрим на примере диагностики резервуара с помощью электронного тахеометра) и методом лазерного сканирования:

№	Наименование работ	Продолжительность работ, часов	Состав бригады, человек
1	Произвести разметку образующих резервуара	4	4-5
2	Настройка тахеометра	0,5	4-5
3	Выполнение измерений	6	4-5
4	Опорожнение резервуара	20	5
5	Проведение дополнительных измерений	6	4-5
6	Обработка полученных данных	72	4
Продолжительность работ:		108,5 часов	

Таблица – 14 Нормы времени для полной диагностики резервуара традиционными методами.

№	Наименование работ	Продолжительность работ, часов	Состав бригады, человек
1	Построение схемы размещения сканерных станций и марок (с помощью ПО)	1-1,5	1-2
2	Первый этап сканирования.	2	1-2
3	Второй этап сканирования	2	1-2
5	Автоматическая камеральная обработка полученных данных	24	1-2
Продолжительность работ:		29,5 часов	

Таблица – 15 Нормы времени для полной диагностики резервуара методом лазерного сканирования

Расчет сметной стоимости работ произведем ресурсным методом.

Ресурсный метод - калькулирование в текущих (прогнозных) ценах и тарифах ресурсов (элементов затрат), необходимых для реализации проектного решения. При составлении смет используются натуральные измерители расхода материалов и конструкций, затрат времени эксплуатации

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		87

машин и оборудования, затраты труда рабочих, а цены на указанные ресурсы принимаются текущие (т.е. на момент составления смет). Использование данного метода позволяет определить сметную стоимость объекта на любой момент времени. Основу сметного расчёта составляют затраты на материальные ресурсы, трудовые затраты на заработную плату и страховые взносы, а также амортизация основных фондов. К расходам на оплату труда относятся суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда. Премии за производственные результаты, надбавки к тарифным ставкам и окладам за профессиональное мастерство и др. Начисления стимулирующего или компенсирующего характера – надбавки за работу в ночное время, в многосменном режиме, совмещение профессий, работу в выходные и праздничные дни и др.[30-32]

Расчет заработной платы приводится в таблицах 15, 16:

Должность	Количество	Часовая тарифная ставка, руб	Норма времени на проведение мероприятия, часов	Заработная плата с учетом надбавок, тыс. руб.
Инженер	1	500	112	58
Старший техник	1	400	112	44,8
Техник	3	250	112	84
<b>Итого</b>				186,8

Таблица 15 – Расчет заработной платы при использовании традиционного метода.

					<b>Финансовый менеджмент,          ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		88



Должность	Количество	Часовая тарифная ставка, руб	Норма времени на проведение мероприятия, часов	Заработная плата с учетом надбавок, тыс. руб.
Инженер	1	500	30	16
Техник	1	250	30	8
<b>Итого</b>				24

Таблица 16 – Расчет заработной платы при использовании метода лазерного сканирования.

Здесь нужно отметить, что анализ различных доступных источников относительно стоимости всего цикла работ, выполняемых традиционным способом и методом лазерного сканирования, показал, что таких данных нет. Имеются отдельные сведения по сравнению трудозатрат на инженерные изыскания, которые проводят с использованием традиционной технологии и методом мобильного лазерного сканирования, от этих данных мы и будем отталкиваться. Однако в этой статье не указано количество человек, занятых в работах, и авторы лишь констатируют, что метод лазерного сканирования более эффективен. Ниже представлена приблизительная стоимость работ, для сравнения двух методов.

					<b>Финансовый менеджмент,          ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		89

Типы работ	Стоимость работ	
	Традиционный метод	Лазерное сканирование
Организация лагеря	169 392	67 608
Полевые работы	408 759	240 592
Камеральная обработка данных	28 191	28 212
Создание цифровых моделей резервуаров	236 803	51 457
<b>Итого:</b>	<b>843 145</b>	<b>387 869</b>

Таблица – 17 Затраты на проведение диагностических работ.

Учитывая тот факт, что все оборудование, используемое для лазерного сканирования, приобретается сразу несколькими предприятиями, то есть при отдельно взятой диагностики, мы не учитываем его стоимость. Приравнивая арендную стоимость лазерного сканера, к стоимости оборудования, которое используют при традиционном методе диагностирования.

С учетом имеющихся у нас данных, рассчитаем экономическую эффективность применения лазерного метода. Экономическая эффективность производства измеряется путём сопоставления результатов производства (эффекта) с затратами или применяемыми ресурсами. Расчёты экономической эффективности производства производятся по системе показателей, которые группируются по содержанию показателей, отражающих эффективность

использования в производстве элементов затрат и ресурсов на обобщающие и частные показатели.

Произведем расчет экономического эффекта, который наблюдается при применении новой техники покрытия коррозионной защиты. Экономический эффект  $\mathcal{E}_T$  рассчитывается как разница между затратами на проведение диагностики традиционным методом и в случае применения метода лазерного сканирования:

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{Z}_{\text{трад}} - \mathcal{Z}_{\text{лазер}} = 843145 - 387869 = 455\,276 \text{ рублей}$$

Эффект связан с уменьшением затрат на оплату труда работникам, с уменьшением времени проведения работ, а так же с большим объемом данных, получаемом при лазерном сканировании, которое позволяет избежать дополнительных измерений, а вследствие и дополнительных затрат.

Для более подробного сравнения между традиционными методами и методом лазерного сканирования приведем таблицу возможностей применения данных методов для изучения деформации резервуаров.

№	Характеристика	Традиционные методы	Лазерное сканирование
1	Точность получения координат	1 мм	0,4-1мм

2	Достоверность измерений	Все применяемые формулы дают одинаковые по своей достоверности результаты. Но в отдельных случаях могут наблюдаться значительные ошибки, искажающие результаты в 2-3 раза.	Зависит от точности прибора и ошибок при обработке
3	Возможность получения цифровой модели резервуара	Получение цифровой модели связано с большими объемами полевых работ, значительными трудозатратами при наборе необходимого количества точек, для описания объекта.	Цифровая модель получается на основании данных лазерного сканирования

4	Возможность получения непрерывной 3D модели изучаемого деформационного пространства	Такой возможности нет	Такая возможность существует
5	Возможность определения деформационных характеристик резервуара	Деформационные характеристики определяются из наблюдений за смещениями закрепленных пунктов	Деформационные характеристики могут определяться на основе сравнения цифровых моделей резервуара, в разные промежутки времени.

Таблица 18 – Сравнение методов диагностики резервуаров

**Вывод:**

Материальные затраты по сбору данных и моделированию объекта методами трехмерного лазерного сканирования на небольших участках и объектах сопоставимы с традиционными методами съемки. Даже при сопоставимых расходах на съемку, полнота и точность результатов лазерного сканирования позволяют избежать дополнительных расходов на этапах проектирования, строительства и эксплуатации объекта. Что касается диагностики объекта, то тут лазерное сканирование непременно выигрывает в сравнение с традиционными методами, так как данный метод значительно сокращает время обследования, а также предоставляет более обширную

информацию о различных дефектах резервуара, позволяет строить различные 3D модели в программном обеспечении, которые дают огромные возможности для анализа состояния резервуара, построения и дальнейшего использования различных графиков, расчета необходимой информации о резервуаре.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		94

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе были рассмотрены общие представления о резервуарах и резервуарных парках, их оборудовании и предназначении, проведена классификация дефектов возникающих на резервуарных парках, и анализ их возникновения.

Рассмотрены основные современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, в результате исследования выявлен наиболее перспективный метод регистрации дефектов – лазерное сканирование.

Проведен анализ экономической эффективности данного метода, в результате которого установлено, что материальные затраты по сбору данных и моделированию объекта методами трехмерного лазерного сканирования на небольших участках и объектах сопоставимы с традиционными методами съемки. Диагностики объекта лазерным сканером значительно сокращает время обследования, а также предоставляет более обширную информацию о различных дефектах резервуара, позволяет строить различные 3D модели в программном обеспечении, которые дают огромные возможности для анализа состояния резервуара, построения и дальнейшего использования различных графиков, расчета необходимой информации о резервуаре.

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Современные методы регистрации и учета дефектов оборудования резервуарного парка, применяемые с целью повышения точности планирования ремонтных работ			
Разраб.		Волков Д.Э.		01.06.18	<b>Заключение</b>	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Никульчиков В.К.		01.06.18		ДР	95	98
Консульт.						ОНД ИШПР Группа 2Б4Б		
Руководитель в ООП		Брусник О.В.		01.06.18				



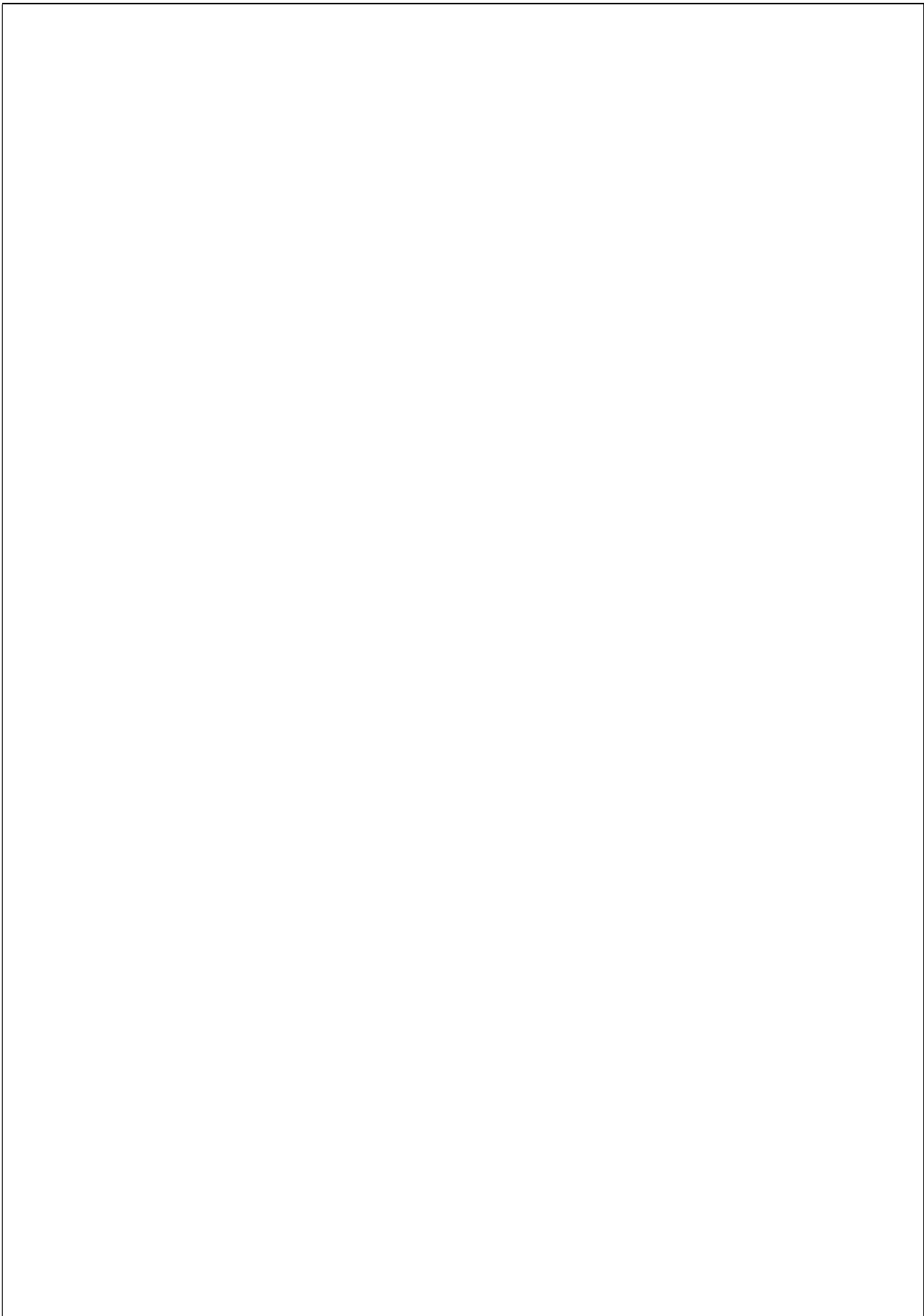


- 1983 – 20 с.;
10. ГОСТ 12.1.012 – 90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М., Стандартиформ, 2006 – 31с.;
  11. ПБ 03-605-03 Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов, М. 2003 – 34 с.;
  12. РД 16.01-60.30-КТН-026-1-04 Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для нефти объёмом 1000-50000м<sup>3</sup>;
  13. РД 153-39.4-078-01 Правила технической эксплуатации резервуаров, магистральных нефтепроводов и нефтебаз. –М.: Минэнерго РФ, 2001. – 173с.;
  14. РД 153-112-017-97. Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров;
  15. РД -23.020.00-КТН-017-15. Лазерное сканирование резервуаров. Общие положения;
  16. ОР-17.040.00-КТН-200-16. Методика измерения отклонения от вертикали образующих стенки резервуара электронным тахеометром;
  17. РД-23.020.00-КТН-220-14. Классификатор дефектов вертикальных стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов;
  18. ТОИ Р-112-12-95 ТИПОВАЯ ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕПРОДУКТООБЕСПЕЧЕНИЯ 54 с.;
  19. Роздин И. А. Безопасность производства и труда на предприятиях /И.А. Роздин, Е.А. Хабарова, О.Н. Вареник. – М.: Химия, КолосС, 2005. – 254 с.
  20. Проектирование и расчет стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления /Г.А.Нехаев – Издательство АСВ, 2005. – 213с.
  21. ГОСТ Р 52910-2008. РЕЗЕРВУАРЫ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ СТАЛЬНЫЕ ДЛЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

					Список использованной литературы	Лист
						97
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

22. ГОСТ 12.1.005-88 Межгосударственный стандарт. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
23. ФЗ РФ №426 «О специальной оценке условий труда»
24. Федеральный закон от 21.07.97 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
25. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. СНиП.21/2.11.567-96 от 31.10.1996
26. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
27. ГОСТ 12.1.011-78 Смеси взрывоопасные.
28. ГОСТ 12.0.003-15 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.
29. ГОСТ 12.0001-82 ССБТ «Система стандартов безопасности труда»
30. ОСТ 51.81.82 ССБТ «Охрана труда в газовой промышленности»
31. Злотникова Л.Г. Финансовый менеджмент в нефтегазовых отраслях: Учебник – М.: Нефть и газ, 2005. – 452 с.
32. Андреев А. Ф. Планирование на предприятии нефтегазового комплекса : учебник / А. Ф. Андреев, С. Г. Лопатина, З. Ф. Шпакова; Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина (РГУ Нефти и Газа). — Москва: Недра, 2010. — 299 с.:
33. Андреев А.Ф. Основы экономики и организации нефтегазового производства: учебник — Москва: Академия, 2014.

					Список использованной литературы	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		



					Приложения	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		99