

Министерство науки и высшего образования 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»

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

**Отделение школы** Отделение нефтегазового дела

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы
<b>«Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации»</b>

УДК 622.692.23-025.71-034.14: 620.16

**Студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б91	Мамедов Мухамметберды		

**Руководитель:**

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

По основной образовательной программе подготовки бакалавров  
по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело», профиль подготовки «Эксплуатация и  
обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурно-разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и профессиональной деятельности безопасные условия в профессиональной деятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
<b>УК(У)-9</b>	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
<b>УК(У)-10</b>	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания
<b>ОПК(У)-2</b>	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные

<b>ОПК(У)-5</b>	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-6</b>	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии
<b>ОПК(У)-7</b>	Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными правовыми актами
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-2</b>	Способен проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-3</b>	Способен выполнять работы по контролю безопасности работ при проведении и технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-4</b>	Способен применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-5</b>	Способен обеспечивать заданные режимы эксплуатации нефтегазотранспортного оборудования и контролировать выполнение производственных показателей процессов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки
<b>ПК(У)-6</b>	Способен проводить планово-предупредительные, локализационно-ликвидационные и аварийно-восстановительные работы линейной части магистральных газонефтепроводов и перекачивающих станций
<b>ПК(У)-7</b>	Способен выполнять работы по проектированию технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
<b>ПК(У)-8</b>	Способен использовать нормативно-технические основы и принципы производственного проектирования для подготовки предложений по повышению эффективности работы объектов трубопроводного транспорта углеводородов

Министерство науки и высшего образования 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»

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

**Отделение школы** Отделение нефтегазового дела

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

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б91	Мамедову Мухамметберды

Тема работы:

<b>«Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации»</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ <u>38-108/с</u> 07.02.23

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2023 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования в работе является резервуар вертикальный стальной объемом 20000 м<sup>3</sup>. Материал изделия – сталь О9Г2С-12. Продукт хранения – нефть. Исследуемый объект относится к технологическому сооружению повышенной опасности.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1) Виды резервуаров и их предназначение;  2) Дефекты;  3) Техническое обслуживание и диагностика резервуаров;  4) Анализ причин возникновения дефектов;  5) Расчет резервуарных конструкций на прочность.</p>
--	--

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

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

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Т.Г., доцент
«Социальная ответственность»	Гуляев М.В., старший преподаватель

<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	Саруев А.Л.	к.т.н., доцент		07.02.23

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б91	Мамедов Мухамметберды		07.02.23

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б91	Мамедов Мухамметберды

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделения нефтегазового дела
<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 «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Смета стоимости выполняемых работ по реконструкции резервуара
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Страховые отчисления 30%

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	Технико-экономическое обоснование целесообразности реконструкции резервуара
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	График выполнения работ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности реконструкции резервуара. Расчет сметной стоимости выполняемых работ по реконструкции резервуара.

Дата выдачи задания для раздела в соответствии с календарным учебным графиком

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		24.02.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Б91	Мамедов Мухамметберды		24.03.2023

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б91	Мамедов Мухамметберды

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделения нефтегазового дела
<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»:**

**Введение:**

– характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

*Объектом исследования:*  
Резервуар вертикальный стальной (РВС).  
*Область применения:*  
прием, хранения, учет и отпуск нефтепродуктов.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

**1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:**

– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства. ФЗ №116 «О промышленной безопасности на опасных производственных объектах»

**2. Производственная безопасность:**

– Анализ потенциально вредных и опасных факторов  
– Обоснование мероприятий по снижению их воздействия

**Вредные факторы:**  
– Производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;  
– Повышение уровней шума;  
– Повышение уровней вибрации;  
– Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;  
– Повышение запыленности и

	<p>загазованности рабочей зоны;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Повреждение в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися;</li> </ul> <p><b>Опасные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;</li> <li>– Производственные факторы, связанные с электрическим током;</li> <li>– Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением;</li> <li>– Электрическая дуга и металлические искры при сварке;</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации:</b>	<p><b>Воздействие на гидросферу:</b> оказывают разливы нефти, которые могут быть связаны с несоблюдением норм технической безопасности;</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> Оказывает газовоздушная смесь, которая через дыхательные клапаны выходит в атмосферу;</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела в соответствии с календарным учебным графиком

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.			24.02.2023



**Задание принял к исполнению обучающийся:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Б91	Мамедов Мухамметберды		24.02.2023

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»

Уровень образования бакалавриат

Отделение нефтегазового дела

Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2023 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
<i>09.02.2023</i>	<i>Получение задания</i>	10
<i>23.02.2023</i>	<i>Дефекты и анализ причин возникновения дефектов резервуаров</i>	15
<i>12.03.2023</i>	<i>Техническое обслуживание и диагностика резервуаров</i>	15
<i>27.03.2023</i>	<i>Расчетная часть</i>	10
<i>15.04.2023</i>	<i>Финансовый менеджмент</i>	10
<i>25.04.2023</i>	<i>Социальная ответственность</i>	10
<i>29.04.2023</i>	<i>Заключение</i>	10
<i>11.05.2023</i>	<i>Презентация</i>	20
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ОНД ИШПР</b>	Чухарева Н.В.	к.х.н, доцент		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 97с., 17 рис., 14 табл., 49 источников.

Ключевые слова: резервуар, анализ, причины, дефекты, технологическое оборудование, металлоконструкции, устранение.

Цель работы – проанализировать причины возникновения дефектов при эксплуатации вертикальных стальных резервуаров и проведении технического обслуживания для обеспечения надежной эксплуатации.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были проведены расчеты резервуарных конструкций на прочность.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: выявление дефектных мест, технология и организация выполнения ремонтных работ, подготовительные работы, монтаж резервуара, сварочно-монтажные работы резервуара, эксплуатационные работы.

Экономическая эффективность при реконструкции резервуара составляет 1453055руб.

## **Abstract**

Final qualifying work of 97 pages with 17 figures, 14 tables, 49 sources.

Keywords: reservoir, analysis, reason, defects, process equipment, steel structures, elimination.

The purpose of work - to analyze the causes of defects and remedies vertical steel tanks.

During execution of final qualifying work following calculations were made:

1) determining the geometric parameters of the reservoir 2) determining the thickness of the walls of the reservoir zones 3) the calculation of the stability of the wall

The basic constructive, technological and technical and operational characteristics: the identification of defects, the technology and organization of repair work, the preparatory work, the tank assembly, welding and assembly works of the tank, maintenance work

Economic efficiency at the reservoir reconstruction constitute 1,453,055 rubles.

## Оглавление

Реферат .....	10
Abstract .....	11
Сокращение.....	14
Введение.....	15
1 Резервуары .....	17
2 Дефекты.....	21
2.1.1 Повреждения коррозионные .....	28
2.1.2 Нарушение геометрической формы резервуара .....	34
2.1.3 Потеря устойчивости резервуара .....	37
2.2 Трещиновидные дефекты.....	38
2.2.1 Дефекты сварных швов .....	39
2.2.2 Трещины днище резервуаров .....	42
2.2.3 Трещины в стенках резервуара.....	44
3 Техническое обслуживание и диагностика .....	47
3.1 Диагностика резервуаров .....	50
4 Анализ причин возникновения дефектов .....	55
4.1 Анализ причин возникновения осадков основания.....	56
4.2 Анализ причин появления дефектов сварных соединений .....	58
4.3 Анализ причин возникновения трещин .....	62
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 70	
6.1 Расчет суммы затрат на капитальный ремонт.....	71
6.3 Расчет показателей экономической эффективности. ....	75
7 Социальная ответственность .....	77
7.2 Производственная безопасность .....	78
7.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия и устранению влияния на рабочих .....	79
7.3 Экологическая безопасность.....	86

7.4 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	88
Заключение .....	92
Список используемых источников .....	93

## Сокращение

**РВС** – резервуар вертикальный стальной

**РВСП** – резервуар вертикальный стальной с понтоном

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

**ТСП** – транспортно-сырьевое производство

**СИЗ** – средства индивидуальной защиты

**НУ** – нефтепроводное управление

**ТБ** – техника безопасности

**ПБ** – пожарная безопасность

**НПС** – нефтеперекачивающая станция

**ПТЭ** – правила технической эксплуатации

**ТОР** – техническое обслуживание и ремонт

**НПЗ** – нефтеперерабатывающий завод

## Введение

Важной ролью вертикальных стальных резервуаров (РВС) является хранение, контроль и отпуск нефтепродуктов. Они представляют собой основную инфраструктуру для этих целей. С увеличением объемов добычи и переработки нефти становится необходимым расширение резервуарных парков, включая создание новых емкостей. Однако рабочие резервуары подвержены воздействию различных факторов, которые могут отрицательно сказываться на их состоянии и функциональности. Несоблюдение безопасных норм и требований по проверке может иметь серьезные последствия, включая значительный ущерб окружающей среде, персоналу и соседним сооружениям.

Из-за своих габаритов и высокого риска возникновения взрывов и пожаров, резервуары представляют особую опасность. Надежность нефтепроводной системы напрямую зависит от надежности резервуара, поэтому требуется постоянный контроль его состояния, обнаружение, анализ и устранение различных видов дефектов.

Цель данного исследования заключается в анализе причин возникновения дефектов при эксплуатации вертикальных стальных резервуаров и проведении технического обслуживания для обеспечения надежной эксплуатации.

Объектом исследования является сам резервуар - вертикальный стальной, а предметом работы - дефекты, включая различные виды дефектов, их причины возникновения и способы устранения. Основными факторами, приводящими к появлению дефектов, являются неисправности, возникшие в процессе монтажа и эксплуатации резервуаров.

					<i>Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Мамедов М.</i>			<i>Введение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Сариев А.Л.</i>					16	97
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>						
						<b>ТПУ гр. 2Б91</b>		



Кроме того, существуют и другие причины, способствующие возникновению дефектов у вертикальных стальных резервуаров.

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

# 1 Резервуары

Виды:

Хранение нефти и нефтепродуктов требует использования сложных инженерно-технических сооружений, включающих сеть резервуаров, системы трубопроводов и другие компоненты. Эффективность применяемых технологий пожаротушения и методов зависит от конструкции и размеров резервуаров. Важно уделить должное внимание деталям конструкции, чтобы избежать ситуации, когда все резервуары разных типов и размеров подвержены плановому пожару, который может охватить всю площадь. В нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) применяются четыре основных типа резервуаров.

Резервуар с понтоном, также известный как понтонный резервуар, является типом хранилища для жидкостей, который использует понтонную систему для поддержки крыши резервуара. Понтон представляет собой плавучую платформу, которая поддерживает верхнюю часть резервуара и следует уровню хранимой жидкости. Основная конструкция резервуара с понтоном состоит из стальной или бетонной платформы, которая плавает на поверхности жидкости. На этой платформе устанавливается крыша резервуара, для изготовления которой использовали металл или другие материалы и может быть полностью герметичной или иметь системы уплотнения. Преимущества резервуаров с понтоном включают простоту установки и монтажа, возможность приспособления к изменяющемуся уровню жидкости и снижение испарения.

Кроме того, они обеспечивают защиту от внешних факторов, таких как погода, и могут быть использованы для различных типов жидкостей, включая нефть, воду, химические вещества и другие. Однако резервуары с понтоном имеют некоторые ограничения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации			
Разраб.		Мамедов М.			<b>Резервуары</b>	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					18	97
Консульт.						<b>ТПУ гр. 2Б91</b>		
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.						



помогает предотвратить проникновение нефти и нефтепродуктов в окружающую среду, предоставляя барьер для удержания утечек. Установка резервуаров с двойной стенкой особенно применяются вблизи морских или речных водоемов, где защита окружающей среды от утечек нефтепродуктов имеет особое значение.

В соответствии с требованиями пожарной безопасности, резервуары оборудованы набором объектов, которые включают:

**Пеногенераторы:** Используются для создания пенообразующего раствора, который может быть применен в случае пожара для подавления огня.

**Дыхательные клапаны:** Обеспечивают резервуару возможность контролируемого дыхания, что позволяет компенсировать изменения давления внутри резервуара.

**Молниеотводы:** Служат для эффективного сброса электрического заряда молнии в землю, минимизирует риск возникновения пожара от молнии.

**Система охлаждения:** Используется для поддержания оптимальной температуры в резервуаре и предотвращения перегрева содержимого.

**Вентиляционные патрубки:** Обеспечивают циркуляцию воздуха и контролируют концентрацию паров внутри резервуара, что помогает предотвратить возгорание и взрыв.

**Замерные люки:** Предназначены для доступа кнаблюдению и контролю состояния резервуара, а также для проведения измерений и обслуживания.

**Люк-лазы:** Обеспечивают доступ к внутренней части резервуара для ремонта, очистки или других необходимых работ.

Кроме того, вокруг резервуаров установлены обвалования, которые служат защитным барьером для предотвращения распространения пролитых нефтепродуктов и минимизации риска загрязнения окружающей среды.

					<i>Резервуары</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

У резервуаров с плавающей крышей также есть система стока для ливневых вод, что помогает управлять и направлять сток воды, предотвращая ее накопление на крыше и уменьшая риск непредвиденных последствий, таких как перегрузка крыши или повреждение резервуара.

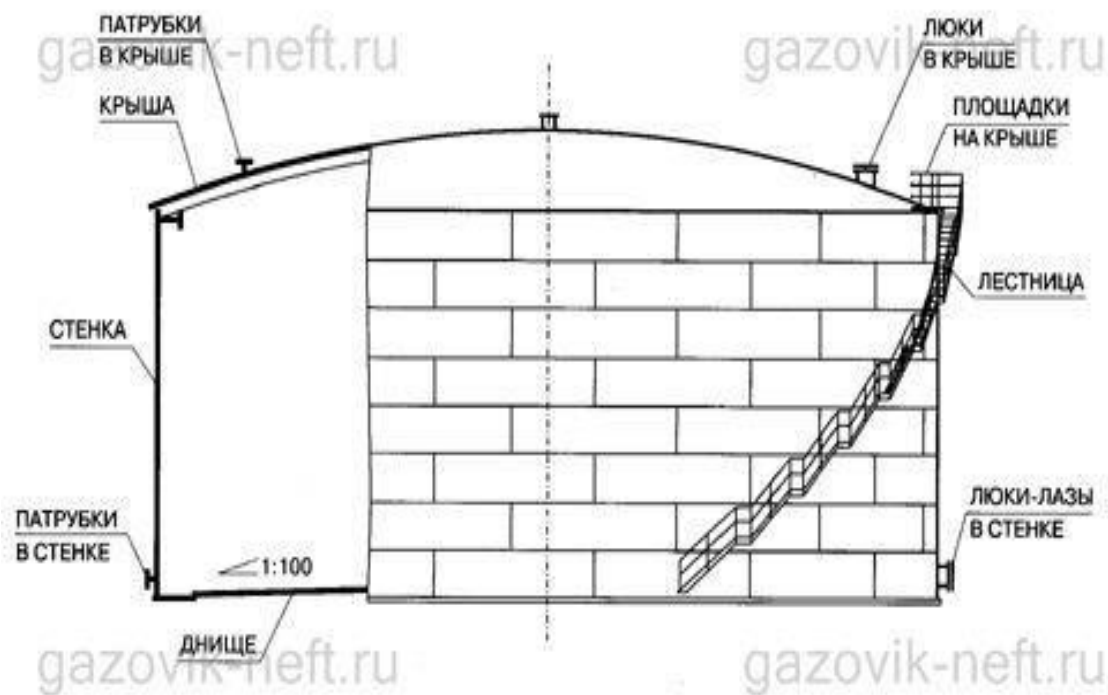


Рисунок 1 - Резервуар вертикальный стальной

					Резервуары	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

## 2 Дефекты

Дефект - это несовершенство, ошибка, недостаток или отклонение от нормы, которое возникает в предмете, продукте, системе или процессе.

Виды:

Металлургические дефекты могут возникать по различным причинам и влиять на качество металлических изделий. Рассмотрим основные виды дефектов и их причины:

- **Закаты:** выпуклые выступы на поверхности металла, вызванные неравномерным распределением металла при прокатке.
- **Флокены:** небольшие выпуклости или вмятины на поверхности металла, возникающие из-за неравномерной деформации или охлаждения.
- **Микротрещины:** маленькие трещины, возникающие из-за неравномерных напряжений или деформаций в металле.
- **Расслоение:** разделение слоев металла вдоль границ зерен или между слоями металлической структуры.
- **Искажение геометрии:** отклонение формы или размеров изделия от заданных параметров.

Заводские дефекты:

- **Сварные дефекты:** возникают при сварке и закручивании элементов днища и стенок резервуара перед транспортировкой. Это может быть связано с некачественной сваркой, недостаточной прочностью соединений или повреждением материала при закручивании.

Транспортные дефекты:

- **Повреждения при транспортировке:** могут возникать во время перемещения резервуара к месту назначения из-за неправильных условий транспортировки, таких как вибрации, удары или неправильное крепление.

					Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Мамедов М.			<b>Дефекты</b>	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					22	97
Консульт.						<b>ТПУ гр. 2Б91</b>		
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.						

- Это может привести к деформации стенок резервуара или повреждению сварных соединений.

Монтажные дефекты:

- Сборочные ошибки: возникают при монтаже резервуара и могут включать смещение конструкции.

Эксплуатационные дефекты:

- Физико-механические изменения свойств материала: при эксплуатации резервуара возможна изменения механических свойств материала, например, его прочности или упругости.

Дефекты металлургического характера - это несовершенства, которые могут возникать в металлических материалах вследствие процессов и условий их обработки, обработки или охлаждения. Эти дефекты могут влиять на структуру и свойства материала, а также на его прочность, устойчивость и работоспособность

Дефектам металлургического характера относятся:

- Неметаллические включения и закаты: это посторонние материалы, которые попадают в металлическую структуру в процессе обработки.

- Неравномерное распределение легирующих элементов: это может привести к недостаточной прочности и другим неблагоприятным свойствам материала из-за неправильного распределения добавок.

- Задирь, микротрещины и расслоения: они могут возникать из-за неправильной обработки или внутренних напряжений в материале.

- Отклонение по геометрии проката: это может привести к неправильным размерам или форме изделия.

Кроме того, дефекты могут возникать на других этапах процесса, таких как сварка, подготовка основания и монтажные работы.

Дефекты в сварных швах являются распространенными и могут возникать из-за различных причин. Вот некоторые основные причины возникновения этих дефектов:

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

**Шлаковые включения:** возникают, когда шлак не до конца удаляется из сварного шва или попадает в него в процессе сварки. Причина возможна в неверной технике удаления шлака, недостаточная очистка поверхности перед сваркой или неправильная выборка электрода.

**Прожоги:** возникают при чрезмерном проникновении сварочной дуги в основной металл. Это может произойти из-за слишком высокого тока сварки или неправильного угла подачи электрода.

**Кратеры:** это углубления или пустоты, образующиеся в конце сварного шва. Они могут возникнуть из-за неправильной настройки сварочного оборудования или неправильного завершения сварочного процесса.

**Непровары:** возникают, когда сварной шов не проникает полностью в основной металл или имеет недостаточную глубину проникновения. Неправильная настройка сварочного оборудования, неправильный выбор электрода или недостаточная толщина сварного металла могут привести к этому дефекту.

**Грубая чешуйчатость:** это неровная поверхность сварного шва, которая образуется из-за недостаточной очистки поверхности перед сваркой или неправильного выбора метода сварки.

**Газовые поры:** это газовые пузырьки, заключенные в сварном шве. Они могут возникать из-за присутствия влаги, загрязнений или неправильного режима сварки, который не обеспечивает достаточное исключение газов из сварочной зоны.

**Подрезы:** возникают, когда часть сварного шва вырезана или удалена неправильно. Неправильная техника разделки или недостаточное удаление окислов и загрязнений на поверхности могут привести к этому дефекту.

Многоуровневой контроль позволяет выявить дефекты еще до ввода резервуара в эксплуатацию, что способствует обеспечению высокого уровня качества и эксплуатационной надежности.

Одним из основных дефектов, которые возникают при стыковке полотнища и стенки под углом- это дефект в стенках резервуара. Этот дефект

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24



может проявляться как внутри, так и снаружи конструкции. Внутренний дефект может быть обусловлен неправильной сваркой или несоответствием геометрии стыковых элементов. Внешний дефект может возникнуть из-за недостаточного качества поверхности стыковых зон или ошибок при сварке.

Кроме описанных ранее дефектов, связанных с монтажом, существуют и другие проблемы, которые следует учесть. Они включают:

Оставленные части монтажных приспособлений: При неправильном демонтаже или небрежном выполнении работ могут оставаться остатки монтажных приспособлений, что может негативно повлиять на качество и безопасность резервуара.

Жесткое крепление шахтных лестниц или газоуравнительной конструкции к резервуару: Неправильное или недостаточно прочное крепление таких конструкций может привести к нестабильности и повреждениям резервуара.

Локальные пластические деформации стенки (образование гофров): Неправильное применение силы или недостаточная жесткость материала при монтаже может вызывать гофрирование или локальные пластические деформации стенок резервуара.

Потери металла при разворачивании полотна: При неправильной технике разворачивания рулонных заготовок могут возникать повреждения и потери металла, что может привести к ослаблению конструкции.

Подтягивание краевого участка к стенке резервуара перед сваркой: Неправильное подтягивание краев полотен перед сваркой может привести к искривлению или деформации стенки резервуара.

Смещение соединительных полотен в вертикальной плоскости: Неправильное выравнивание и смещение полотен при соединении может привести к несоответствиям и неплотному соединению.

Проникновение монтажной техники сквозь металлические конструкции: Небрежное использование монтажной техники может привести

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

к повреждению или проникновению через металлические конструкции резервуара.

В процессе производства рулонных заготовок также могут возникать следующие основные дефекты, связанные с геометрией металлоконструкций и сварных швов, как было описано ранее. К ним относятся газовые поры, свищи, смещения.

При погрузочно-разгрузочных работах и транспортировке рулонных заготовок могут возникать следующие дефекты:

- Прогибы в продольном направлении: неправильное обращение с рулонами или неправильная поддержка во время транспортировки может вызывать прогибы вдоль длины рулона.

- Гофры на поверхности рулона: неправильное складирование или погрузка рулонов может привести к образованию гофров на их поверхности, что может негативно повлиять на качество заготовок.

- Смятие части рулона: неправильное обращение с рулонами или механическое воздействие в процессе погрузочно-разгрузочных работ может привести к смятию части рулона.

- Локальные вмятины на крае рулона: неправильное обращение с рулонами или их неправильное позиционирование во время транспортировки может вызвать локальные вмятины на крае рулона.

Дефекты могут быть классифицированы по различным параметрам:

- Явные или скрытые: явные дефекты легко обнаружить визуально, в то время как скрытые дефекты требуют специального оборудования или методов исследования для обнаружения.

- Критические: дефекты могут быть исправимыми или неисправимыми в зависимости от их влияния на работоспособность и безопасность заготовки.

- Малозначительные или значительные: некоторые дефекты могут иметь незначительное влияние на качество или функциональность заготовки,

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

тогда как другие могут быть значительными и требовать немедленного вмешательства.

Для обнаружения дефектов используется специальное оборудование, которое позволяет выявить скрытые, внутренние и поверхностные дефекты. Однако некоторые поверхностные дефекты могут быть обнаружены и визуально при осмотре заготовок.

В соответствии с данной классификацией, очень часто встречающимися дефектами являются:

- Дефекты монтажных сварных швов: это отклонения от требуемых сварных соединений, такие как недостаточная прочность сварного шва или неправильная геометрия шва.

- Угловатость монтажных швов: это искривление или неправильная форма сварного шва, которая может привести к несоответствию требованиям и повышенному напряжению в этой области.

- Недопустимые отклонения от вертикали: это отклонения структуры от вертикальной оси, что может влиять на стабильность и функциональность конструкции.

- Сквозные отверстия в настиле крыши: это отверстия, пронизывающие поверхность крыши, что может привести к протечкам и повреждению внутренней структуры.

- Неравномерная осадка РВС (резервуара вертикального стального): это неравномерное оседание или усадка стенок резервуара, что может привести к деформации и нарушению его функциональности.

- Хлопуны на стенке РВС, вмятины и выпучины: это выпуклости, вогнутости или деформации на стенках резервуара, что может указывать на неправильность или повреждение конструкции.

- Хлопуны на днище: это выпуклости или вогнутости на днище резервуара, что может привести к несоответствию требованиям и повышенному напряжению в этой области.

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
						27
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- Коррозионные повреждения днище: это повреждения которая находится на поверхности днища резервуара, причиненные коррозией, что может привести к протечкам или потере целостности.

- Коррозионные повреждения утора и 1 пояса стенки: это повреждения на поверхности утора и первого пояса стенки резервуара, вызванные коррозией или химическим воздействием, что может привести к нарушению прочности и устойчивости конструкции.

- Коррозионные повреждения окрайки.

## 2.1 Повреждения эксплуатационные

В процессе эксплуатации вертикального стального резервуара объемом 20 000 м<sup>3</sup> (РВС-20000) из рулонных заготовок могут возникать различные факторы, способные вызывать дефекты и повреждения. Вот некоторые из них:

- Нагрузка малого цикла: заполнение и опорожнение резервуара могут создавать повторяющиеся нагрузки на его стенки. Это может приводить к усталостным повреждениям и трещинам в металлической конструкции, особенно если они не учитываются при проектировании и монтаже.

- Изменение условий эксплуатации: внешние и внутренние силы, такие как ветровая нагрузка, землетрясения, термическое расширение и сжатие, могут изменяться со временем. Это может создавать неоднородные напряжения в конструкции резервуара и приводить к деформациям, трещинам и разрушению.

- Коррозия: агрессивные примеси в содержимом резервуара или окружающей среде могут вызывать коррозию незащищенных частей металлической конструкции. Коррозия может привести к потере прочности материала и образованию дефектов, таких как трещины и дыры.

- Ошибки при проектировании и монтаже: неправильное проектирование или неправильный монтаж резервуара могут создавать слабые точки и повреждения в конструкции. Это может включать

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
						28
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

неправильный выбор материалов, недостаточное крепление соединений или неправильную установку дополнительных элементов, таких как уплотнения и защитные покрытия.

Если повреждения и дефекты не будут обнаружены и устранены на этапе монтажа, это может привести к преждевременному разрушению резервуара в короткие сроки после его ввода в эксплуатацию или через 15-20 лет из-за естественного физического износа.

Для обеспечения безопасной и надежной эксплуатации резервуара важно проводить регулярный мониторинг, обслуживание и ремонт.

Особенно важно обратить внимание на концентраторы напряжений, которые являются зонами повышенной дефектности, где усталостные повреждения аккумулируются наиболее интенсивно. В связи с этим, проведение технического осмотра и своевременное устранение повреждений являются неотъемлемой частью обеспечения надежной и безопасной работы резервуара на протяжении всего его срока службы.

РД 08-95-95 «Положение о системе технического диагностирования сварных вертикальных цилиндрических резервуаров для нефти и нефтепродуктов»;

РД 153-112-017-97 «Инструкция по диагностике и оценке остаточного ресурса вертикальных стальных резервуаров».

### **2.1.1 Повреждения коррозионные**

Коррозия происходит в результате химической реакции между металлом и окружающей средой.

Коррозия может происходить из-за различных факторов, включая влагу, кислород, соли, кислоты, основания и другие агрессивные вещества. Ниже приведена информация о некоторых основных типах коррозии металла:

Поверхностная коррозия- это наиболее распространенный тип коррозии, который приводит к образованию пятен, пузырьков, сколов или ржавчины на поверхности металла.

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
						29
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Межкристаллическая коррозия- это тип коррозии происходит вдоль границ зерен металла и может приводить к ослаблению структуры и разрушению материала.

Локальная коррозия: Включает в себя такие типы, как точечная коррозия(образование местных пятен коррозии), питтинг (образование небольших ямок), и щелевая коррозия (образование коррозионных процессов в узких щелях).

Избирательная коррозия: Возникает, когда один металл в паре металлов подвержен коррозии, а другой металл остается неповрежденным. Это может происходить, например, при использовании различных металлов в сборке или при контакте с электролитами.

Стрессовая коррозия: Возникает при воздействии совместно действующих механических напряжений и коррозионной среды. Это может приводить к трещинам и разрушению металла.

Предотвращение коррозии включает использование защитных покрытий, антикоррозионных материалов, контроль окружающей среды и регулярный технический осмотр для выявления и устранения повреждений.

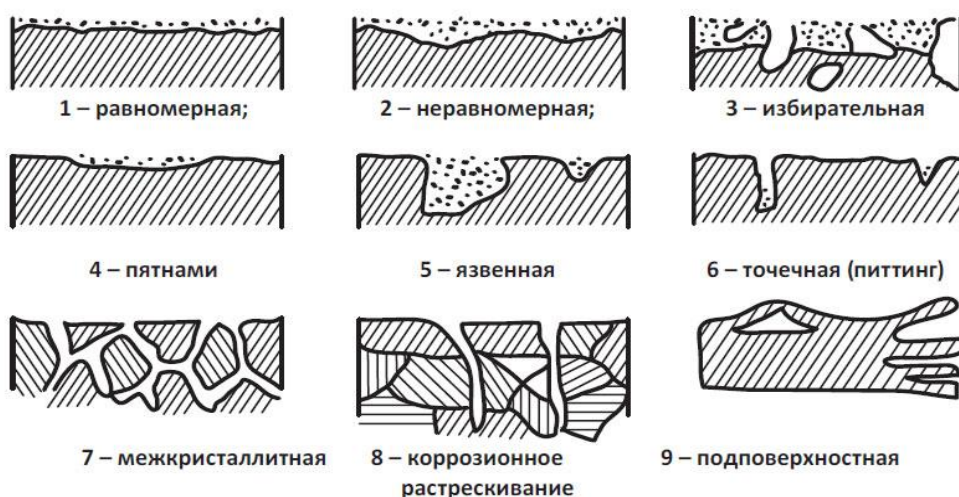


Рисунок 2 - Местная коррозия

### Повреждения РВС

На самом деле, проблема недостаточной коррозионной защиты оборудования и металлоконструкций резервуаров является довольно

					Дефекты	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

распространенной и серьезной. Коррозия металлических конструкций, особенно внутренней поверхности резервуаров, является причиной их выхода из строя.

Внутренняя поверхность резервуара, включая днище, первый пояс и уторные швы, подвержена высокому риску коррозии из-за прямого контакта с нефтью и подтоварной водой. Эти среды могут содержать агрессивные компоненты, которые могут вызывать коррозию металла со временем.

Кроме того, кровля, крыша резервуара и верхние пояса стенок также подвержены коррозии из-за воздействия газов, испаряющихся из нефти. Эти газы могут содержать химические соединения, способные вызвать коррозионные процессы и образование осадков на металлических поверхностях.

Для предотвращения коррозии и защиты металлических конструкций резервуаров необходимы соответствующие меры. Это может включать применение специальных антикоррозионных покрытий, регулярный контроль и обслуживание, мониторинг состояния поверхностей и применение специальных ингибиторов коррозии.

Уделение должного внимания коррозионной защите является критически важным для обеспечения долговечности и безопасности резервуаров. Это поможет предотвратить выход из строя и потенциальные аварии, связанные с коррозией металлических конструкций.

### **Внутренняя поверхность днища**

1. Коррозионные повреждения внутренней поверхности днища в соответствии с рисунком 3.

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

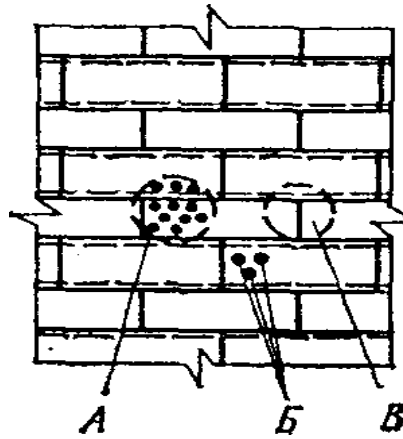


Рисунок 3 - Коррозионные повреждения площадью 1 м<sup>2</sup> отдельных листов внутренней поверхности дна - группа раковин А, точечные углубления Б глубиной более 1,5 мм и сквозные отверстия В.

2. Днище резервуара прокорродировано полностью в соответствии с рисунком 4.

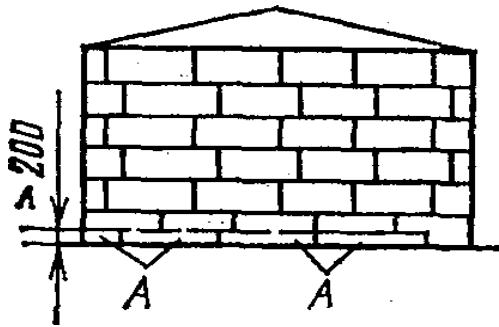


Рисунок 4 – Коррозия дна

### Примеры повреждений стенок:

1. Коррозия сварного шва, около шовной зоны и основного металла стенки в соответствии с рисунком 5.

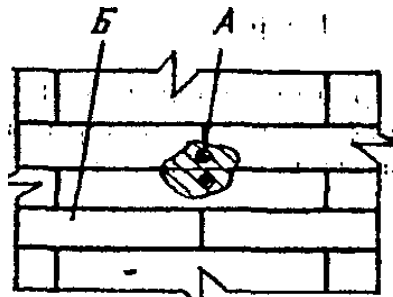


Рисунок 5 - Коррозия А сварного шва, околошовной зоны, а также основного металла стенки Б на длине не более 500 мм.

2. Во внутренней стороне стенки резервуара есть вероятность

					Дефекты	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32



появления коррозионных повреждений в виде точечных углублений осповидного типа и групп раковин. Такие дефекты появляются на отдельных участках, простираются по всей длине вертикальных и горизонтальных сварных соединений. Глубина таких точечных углублений обычно составляет от 2 до 3 мм, а некоторые из них могут со временем расширяться, превращаясь в сплошные полосы повреждений.

3. В зоне примыкания первого пояса стенки резервуара к днищу на значительной протяженности возможно появление коррозии на внутренней поверхности. Этот тип коррозии характеризуется формированием групп раковин, имеющих глубину до 1,5-2 мм, которые со временем могут объединяться, образуя непрерывные полосы повреждений. Кроме того, могут возникать также точечные углубления типа оспы.

4. Местная коррозия поверхности верхнего пояса стенки в виде группы раковин, а также сквозных поражений (рис.6)

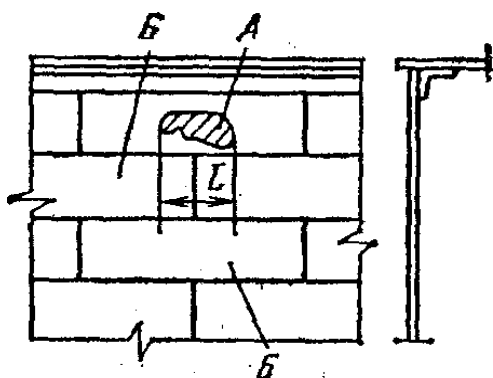


Рисунок 6 - Местная коррозия А поверхности верхнего пояса стенки  
Б в виде группы раковин, а также сквозных поражений.

### Коррозия арматуры в бетоне

Из-за электрохимических процессов возникает коррозия арматуры в бетоне. Есть несколько причин, приводящих к коррозии арматуры в бетоне:

- Снижение щелочности окружающего арматуру электролита: В определенных случаях окружающая среда может иметь кислотный характер, что снижает щелочность. Это приводит к коррозии арматуры.

					Дефекты	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

- Проникновение сульфатных и хлоридных ионов: Сульфаты и хлориды могут проникать внутрь бетона через трещины и поры. Эти ионы активируют коррозию арматуры и способствуют разрушению.

- Недостаточная защита арматуры: Если арматура недостаточно защищена от воздействия окружающей среды, например, от недостаточного покрытия бетоном или защитными покрытиями, это может привести к проникновению влаги и агрессивных веществ, способствуя коррозии.

- Тепловые воздействия: Изменения температуры могут вызывать электрохимические реакции в бетоне и на поверхности арматуры, способствуя коррозии.

- Механические повреждения бетона: Трещины и повреждения в бетоне могут стать местами проникновения влаги и агрессивных веществ, что приведет к коррозии арматуры.

- Гальваническая коррозия: Если в контакте находятся разные металлические материалы, возможна гальваническая коррозия, вызванная разностью потенциалов между ними.

Для защиты арматуры в бетоне используются различные методы. Одним из них является применение щелочных добавок, которые повышают щелочность окружающего электролита и создают защитную пленку на поверхности арматуры. Эта пленка предотвращает проникновение вредных веществ и замедляет процессы коррозии.

Кроме того, проводятся регулярные инспекции и техническое обслуживание бетонных конструкций, чтобы своевременно выявлять и устранять признаки коррозии. В случае обнаружения коррозии, проводятся ремонтные работы с использованием специальных материалов и методов.

Обеспечение защиты арматуры в бетоне является важным аспектом для обеспечения долговечности и надежности бетонных конструкций. Он требует постоянного внимания и контроля со стороны инженеров и строителей, чтобы минимизировать риски коррозии и поддерживать интегритет бетонных сооружений.

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		34

## 2.1.2 Нарушение геометрической формы резервуара

Нарушение геометрической формы резервуара может быть связано с различными причинами и может иметь негативные последствия для его работы и безопасности. Вот некоторые возможные причины и последствия нарушения геометрической формы резервуара:

- Неравномерное оседание: При неправильной подготовке грунта или неправильном устройстве основания резервуара, может произойти неравномерное оседание, что приведет к деформации его формы. Это может привести к повреждению сварных соединений, трещинам или утечкам.

- Механические повреждения: Удары, столкновения или другие механические воздействия могут вызвать деформацию формы резервуара. Это может привести к нарушению герметичности, деформации стенок, повреждению изоляции или другим проблемам.

- Коррозия: Длительное воздействие коррозии на стенки резервуара может привести к утонению материала и изменению его геометрической формы. Это может привести к ухудшению механических свойств резервуара и повышению риска разрушения.

- Неправильное применение нагрузки: Превышение предельных значений нагрузки на резервуар, неправильное распределение нагрузки или использование несоответствующих крепежных элементов может привести к деформации его геометрической формы.

Последствия нарушения геометрической формы резервуара могут включать:

- Снижение грузоподъемности и безопасности резервуара.
- Утечки или потери хранимого материала.
- Усиление коррозии и деградации материала.
- Повышенные риски аварий и потенциальных повреждений.
- Снижение долговечности резервуара и возможность дорогостоящих ремонтных работ.

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

В случае обнаружения нарушения геометрической формы резервуара, рекомендуется провести тщательную оценку состояния, определить причины деформации и принять меры для восстановления формы и обеспечения безопасности резервуара.

Для обеспечения безопасной эксплуатации резервуара необходимо регулярно проводить проверку осадки его основания. Один из способов контроля осадки состоит в нивелировании окружности днища вдоль внешнего периметра резервуара, а полученные данные фиксируются в актах.

Рекомендуется проводить контрольное нивелирование каждые 5 лет, но в начальном периоде эксплуатации необходимо выполнять нивелирование ежегодно. Это позволит более точно отслеживать изменения осадки и своевременно обнаруживать потенциальные проблемы, связанные с неравномерной осадкой основания резервуара. Такие меры контроля способствуют обеспечению стабильности и безопасности эксплуатации резервуара.

Нивелировка окрайки днища стальных вертикальных резервуаров выполняется через каждые 6 метров в точках, которые совпадают с вертикальными швами нижнего пояса резервуара. Это предполагает, что лист нижнего пояса имеет длину 6 метров.

Правильное проведение нивелирования позволяет контролировать осадку резервуара и своевременно обнаруживать любые изменения. Это важно для обеспечения стабильности и безопасности резервуара во время его эксплуатации.

Для выполнения нивелирования резервуара рекомендуется двигаться по часовой стрелке. Точки, по которым проводится нивелирование, могут быть отмечены красной краской с указанием номера, что облегчает идентификацию.

Согласно руководящему документу 08-95-95, для резервуаров, находящихся в эксплуатации более четырех лет, существуют допустимые отклонения, которые не должны превышать определенных значений. Это

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
						36
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

позволяет контролировать состояние резервуара и выявлять отклонения в осадке.

Перед проведением нивелирования для получения точных результатов осадки резервуара рекомендуется произвести поверку геодезического инструмента. Это позволит убедиться в его точности и надежности, что важно для получения точных данных при измерениях.

Также рекомендуется периодически осматривать состояние марок, лестниц, реперов на запорной арматуре и разметных точек нивелирования на резервуаре. Это позволяет обнаружить возможные повреждения, изменения или смещения, которые могут повлиять на точность нивелирования.

Если предельные значения осадки основания резервуара, установленные комиссией, достигнуты, рекомендуется вывести резервуар из эксплуатации. Установление предельных значений осадки основания выполняется с целью обеспечения безопасности и надежности резервуара. Эти предельные значения должны быть установлены и документированы соответствующей комиссией или организацией.

Нивелировку резервуара следует проводить организацией, которая обладает соответствующей квалификацией и разрешением для выполнения данного вида работ.

Результаты нивелирования используются для составления актов и заключений, в которых регистрируются измеренные значения осадки и сравниваются с допустимыми отклонениями, установленными в проекте. Это позволяет оценить соответствие фактических значений осадки заданным пределам и принять соответствующие меры, если обнаружены отклонения.

В некоторых проектах требуется установка глубинных реперов, которые помещаются ниже уровня промерзания грунта. Это необходимо для более точного контроля осадки основания резервуара и учета сезонных изменений в грунте, таких как замерзание и оттаивание. Установка глубинных реперов позволяет учесть влияние этих факторов на осадку и обеспечить более точные результаты нивелирования.

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

Глубинные реперы устанавливаются на определенной глубине в грунте, которая превышает уровень промерзания. Они обычно закладываются на прочной основе, такой как железобетонный фундамент, чтобы обеспечить их стабильность и надежность. Реперы могут быть оборудованы маркерами или измерительными приборами, которые позволяют контролировать осадку и фиксировать изменения в течение времени.

Учет глубинных реперов при нивелировании и анализе результатов позволяет получить более точные данные об осадке и учесть сезонные колебания уровня грунтовых вод и связанные с ними изменения осадки. Это важно при строительстве резервуаров и других сооружений, где точность контроля осадки основания играет важную роль в обеспечении их стабильности и надежности.

### 2.1.3 Потеря устойчивости резервуара

Резервуары подвержены различным факторам, которые могут негативно влиять на их устойчивость. Чтобы предотвратить возможные аварийные ситуации, необходимо проводить проверку стенок резервуаров на сжатие, вызванное внешним давлением, таким как ветровые и снеговые нагрузки.

Если результаты расчетов показывают, что прочность резервуара не соответствует требованиям, может потребоваться увеличение номинальной толщины стенок, чтобы обеспечить необходимую устойчивость.

Однако помимо проверки прочности, также важно соблюдать режимы эксплуатации резервуаров. Регулярные инспекции и техническое обслуживание помогут выявить потенциальные проблемы или повреждения, которые могут повлиять на устойчивость резервуаров. Это позволит своевременно принять меры по их устранению и предотвращению возможных аварий.

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
						38
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таким образом, обеспечение безопасной эксплуатации резервуаров требует не только правильного проектирования и строительства, но и регулярного контроля и технического обслуживания с целью обнаружения и устранения потенциальных проблем, которые могут угрожать их устойчивости.

## 2.2 Трещиновидные дефекты

Обнаружение трещин и других видимых дефектов в металлических конструкциях резервуаров является критически важным, поскольку они могут привести к полному разрушению конструкции. Сварные швы резервуаров, как правило, являются особым объектом внимания, так как они часто становятся местом возникновения дефектов.

Для диагностики и оценки технического состояния вертикальных стальных резервуаров необходимо проводить статистический анализ информации о трещиновидных дефектах и учитывать их при расчетах прочности. Это позволяет эффективно оценить риск разрушения и принять соответствующие меры по обслуживанию и ремонту, чтобы обеспечить безопасную эксплуатацию резервуаров.

Для надежной диагностики трещиновидных дефектов применяются различные методы неразрушающего контроля, такие как ультразвуковой контроль, магнитопорошковый контроль, радиография и другие. Эти методы позволяют обнаружить дефекты, определить их размеры, форму, расположение и характеристики.

После обнаружения дефектов проводится оценка их влияния на прочность и безопасность конструкции. Для этого применяются различные методы анализа, включая расчеты на прочность, моделирование поведения конструкции и проведение испытаний. Полученные результаты используются для принятия решений о необходимости ремонта, замены или усиления дефектных участков.

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

Важно подчеркнуть, что регулярное техническое обслуживание и проведение регулярных инспекций резервуаров являются неотъемлемой частью обеспечения их безопасной эксплуатации.

Регулярные проверки помогают выявлять дефекты на ранних стадиях и принимать меры по их устранению, что способствует предотвращению разрушения конструкции и потенциальных аварийных ситуаций.

### 2.2.1 Дефекты сварных швов

Прочность сварного шва существенно зависит от наличия пористости и трещин. Ниже перечислены общие причины появления трещин в сварных швах:

**Высокая жесткость соединений:** Если сварной шов подвергается значительным механическим напряжениям, он может стать более склонным к трещинам из-за ограниченной способности поглощать деформацию.

Появление трещин в сварных швах может быть связано с неправильным выбором технологии сварки. Это может включать неправильный выбор процесса сварки, метода заполнения сварочного шва или неправильную настройку сварочного оборудования. Неправильная комбинация этих факторов может создавать напряжения и неправильное соединение металлических компонентов, что в результате может привести к возникновению трещин.

Другой причиной трещин в сварных швах являются дефекты, связанные с самим процессом сварки. Это может включать неправильные сварные соединения, недостаточную подготовку поверхности перед сваркой или недостаточный контроль над процессом сварки. Например, неправильное выравнивание или слишком большой зазор между соединяемыми деталями может привести к возникновению трещин в сварном шве.

Качество и правильный выбор сварочных материалов играют важную роль в предотвращении трещин в сварных соединениях. Использование некачественных сварочных материалов или неподходящих электродов для

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
						40
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



конкретного типа металла может снизить прочность сварного соединения и способствовать возникновению трещин.

При выборе сварочных материалов необходимо учитывать их состав и свойства. Некоторые сварочные материалы могут содержать легирующие элементы, которые улучшают прочностные характеристики сварных соединений.

Однако высокое содержание этих элементов, особенно в случае неправильного выбора технологии сварки, может привести к нежелательным химическим реакциям и образованию трещин.

Также следует обратить внимание на соответствие электродов типу металла, который будет свариваться. Различные металлы требуют использования определенных типов электродов с соответствующими свойствами. Неправильный выбор электродов с низкой устойчивостью к трещинам при сварке может стать причиной образования трещин в сварных соединениях.

Появление трещин в сварных швах также может быть связано с несоответствием размера сварного шва толщине соединяемых деталей. Если размер сварного шва недостаточен для обеспечения необходимой прочности соединения, возникают повышенные напряжения и склонность к трещинам. Это может происходить, например, при выборе неправильной ширины или высоты сварного шва для конкретного соединения.

Одним из основных факторов, способствующих появлению трещин в сварных швах, является внутреннее напряжение, вызванное неправильным нагреванием и охлаждением в процессе сварки. При нагреве и последующем охлаждении металла происходят линейные сокращения, которые могут создавать внутренние напряжения. Если эти напряжения превышают пределы прочности материала, могут возникать трещины.

Величина этих напряжений зависит от соответствия материалов, используемых электродов и параметров сварки. Для предотвращения появления трещин необходимо тщательно контролировать процесс сварки,

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
						41
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

выбирать соответствующие материалы и электроды, а также правильно настраивать режимы сварки. Важно учитывать толщину соединяемых деталей и оптимально подбирать размер сварного шва, чтобы минимизировать напряжения и обеспечить прочное соединение без трещин.

Один из главных факторов, вызывающих появление пор, - это газы, которые образуются в результате химических реакций во время сварки. Азот, водород и оксид углерода являются основными газами, способными вызвать образование пор при сварке. В процессе затвердевания сварочного шва газы остаются внутри металла и образуют поры.

Кроме газов, поры также могут образовываться из-за других факторов. Например, повышенная вязкость, плотность и тугоплавкость шлака могут привести к образованию пор. Шлак образуется в результате реакции сварочного электрода или заполнительного материала с металлом.

Если шлак имеет высокую вязкость и не может свободно выйти из пределов сварочного шва, то в процессе затвердевания металла могут образовываться поры.

Появление пор в сварном металле обычно связано с несколькими факторами:

- Неправильный выбор типа электродов: Неподходящие типы электродов могут способствовать образованию газовых пор в сварочном шве.
- Неправильный выбор технологии сварки: Неправильно выбранные параметры сварки, такие как ток, скорость сварки и защитные газы, могут привести к появлению пор в сварочном шве.
- Кратковременное существование сварочной ванны: Газы не успевают выйти из расплавленного металла, что может привести к образованию пор.
- Несоответствующим качеством металла: Плохое качество металла может быть причиной дефектов в сварном шве.

Дефект считается примыкающим к сварному шву, если минимальное расстояние от линии перехода шва к основному металлу до границы дефекта

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
						42
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

составляет менее 50 мм. Это означает, что дефект находится близко к самому шву и может негативно влиять на его качество.

Для предотвращения таких дефектов важно использовать металл высокого качества и тщательно контролировать процесс сборки. Также необходимо обеспечить квалифицированное выполнение сварочных работ и при необходимости осуществить дополнительную наплавку для усиления шва.

### 2.2.2 Трещины днище резервуаров

Днища резервуаров типа РВС-20000 могут подвергаться разрушениям как из-за коррозии, так и из-за механических воздействий. Особенно часто трещины образуются в сварных швах, в металле сегментов и окраек днища. В сварных соединениях днищ резервуаров существуют следующие типы трещин:

1. Трещины в сварных соединениях полотнища днища с выходом или без выхода на основной металл в соответствии с рисунком 7.

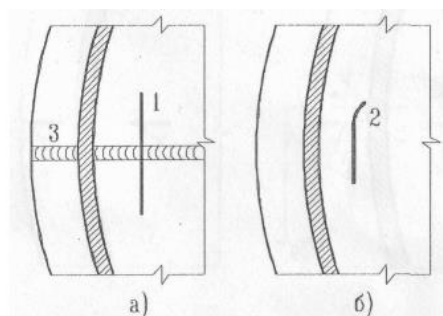


Рисунок 7 - Поперечная трещина: а) трещина сварного соединения, распространившаяся на основной металл; б) трещина по основному металлу;  
1,2 - трещины; 3 - сварной шов листов окрайки

					<i>Дефекты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

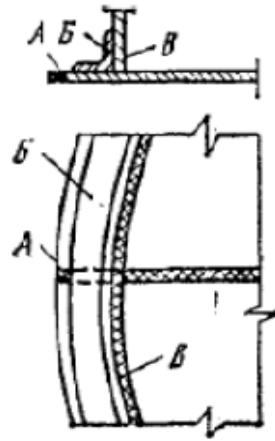


Рисунок 8 - Продольная трещина А в сварном стыковом соединении окрайки днища, не доходящая до уторного уголка Б; в резервуарах без уторного уголка- до корпуса В

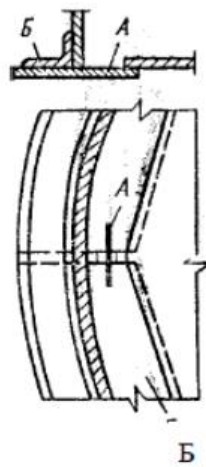


Рисунок 9 - Поперечная трещина А в сварном стыковом соединении окракк днища Б распространившаяся на основной металл окракк

2. Трещины в нижнем уторном уголке по сварным соединениям и основному металлу (в ряде случаев трещины с уголка переходят на основной металл первого пояса стенки); Также встречаются в окрайке днища трещины по основному металлу в соответствии с рисунком 10 и различные радиальные трещины внутри или снаружи резервуара в соответствии с рисунком 11.

					Дефекты	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

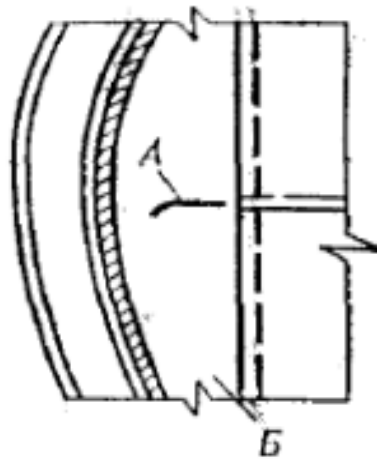


Рисунок 10 - Трещина А по основному металлу окрайки днища

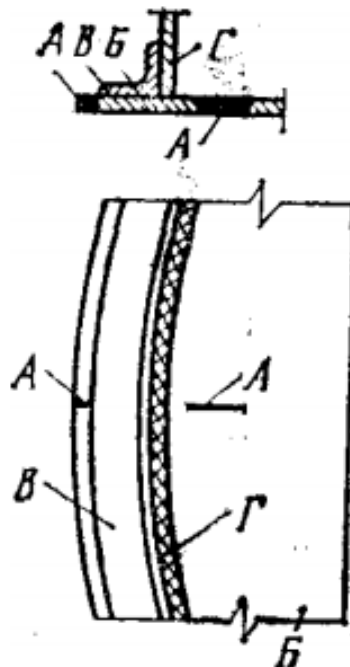


Рисунок 11 - Радиальная трещина А длиной не более 100мм в окрайке днища Б, не доходящая до уторного уголка В или стенки Г снаружи или внутри резервуара

### 2.2.3 Трещины в стенках резервуара

В корпусах вертикальных стальных резервуаров, трещины встречаются в сварных швах и основном металле и часто наблюдаются в местах пересечения швов, вдоль и поперек них:

1. Трещина по сварному шву или основному металлу уторного уголка, распространившаяся на основной металл листа первого пояса стенки резервуара в соответствии с рисунком 12.

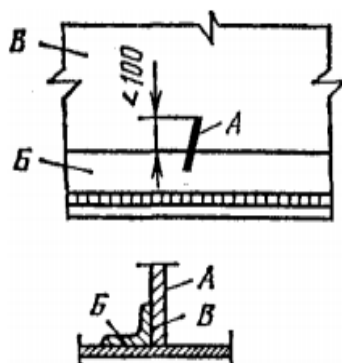


Рисунок 12 - Трещина А по сварному шву или основному металлу уторного уголка Б, распространившегося на основной металл листа первого пояса стенки резервуара В на длину не более 100мм

2. Трещина по стыковому соединению окрайки дна, распространившаяся внутрь резервуара с выходом на основной металл первого пояса в соответствии с рисунком 13.

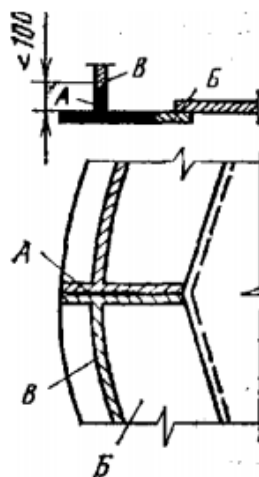


Рисунок 13 - Трещина А по стыковому соединению окрайка дна Б, распростившегося внутрь резервуара с выходом на основной металл первого пояса стенки В длиной не более 100 мм

3. Поперечная трещина по стыковому сварному шву вертикального стыка стенки резервуара, распространившаяся на основной металл в соответствии с рисунком рис. 14.

					Дефекты	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

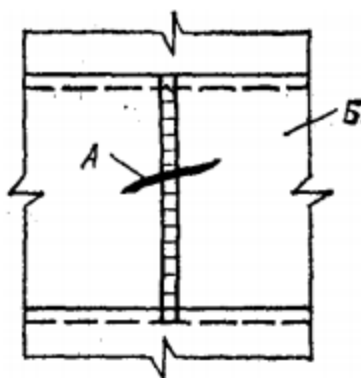


Рисунок 14 - Поперечная трещина А по стыковому сварному шву вертикального стыка стенки Б резервуара, распространившаяся на основной металл

4. Продольные трещины или одна трещина в пересечении сварных соединений стенки резервуара в соответствии с рисунком 15.

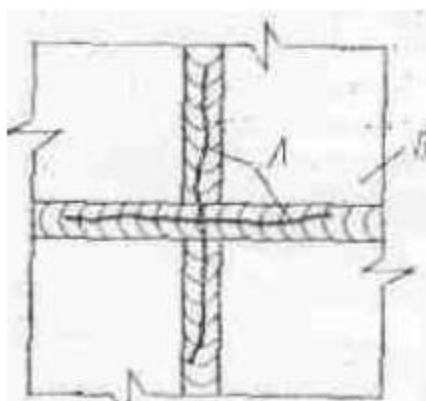


Рисунок 15 - Продольные трещины А или одна трещина в пересечении сварных соединений стенки Б резервуара

5. трещина по основному металлу листа стенки резервуара вблизи вертикального и горизонтального швов или вблизи горизонтального шва в соответствии с рисунком 16.

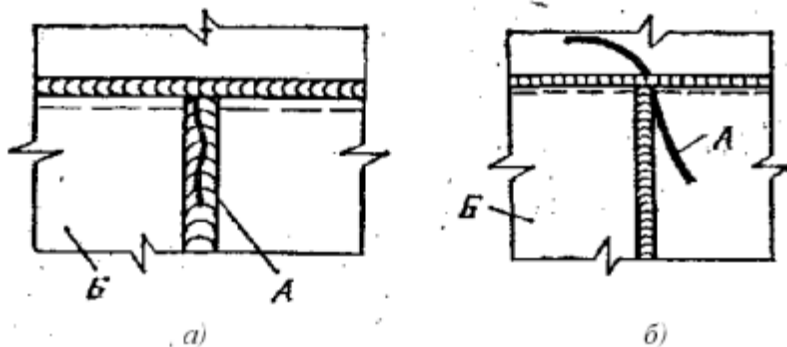


Рисунок 16 - Трещина А по основному металлу листа стенки Б резервуара вблизи вертикального и горизонтального швов или вблизи горизонтального шва

б. поперечная трещина в сварных швах стенки резервуара - сквозная или несквозная в соответствии с рисунком 17.

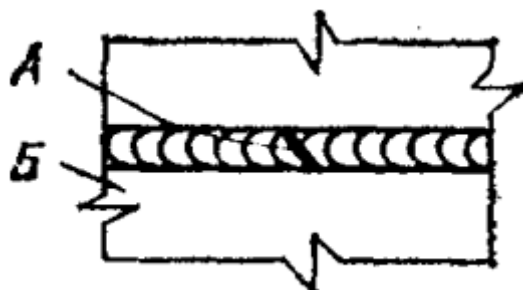


Рисунок 17 - Поперечная трещина А в сварных швах стенки резервуара - сквозная или несквозная

### 3 Техническое обслуживание и диагностика

#### 3.1 Техническое обслуживание

Для правильного осмотра и технического обслуживания резервуаров необходимо руководствоваться картами технического обслуживания. В процессе осмотра следует обратить внимание на несколько ключевых аспектов:

- Утечки нефти: проверить наличие любых признаков утечек нефти из резервуара, включая пятна, подтеки или следы масла вокруг резервуара.
- Образование трещин по сварным швам и основному металлу: внимательно осмотреть сварные соединения и основной металл резервуара на наличие трещин. Особое внимание следует уделить сварным швам и областям около них, так как именно там трещины чаще всего образуются.

					<i>Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Мамедов М.</i>				<b>Техническое обслуживание и диагностика</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Саруев А.Л.</i>						48	97
<i>Консульт.</i>						<b>ТПУ гр. 2Б91</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>	<i>Чухарева Н.В.</i>							



- Появление вмятин: проверить наличие вмятин на поверхности резервуара. Вмятины могут быть результатом механического воздействия, столкновений или деформаций, и могут потенциально угрожать целостности резервуара.

- Неравномерная осадка резервуара: обратить внимание на возможные признаки неравномерной осадки резервуара, такие как наклон или деформация. Это может указывать на проблемы с фундаментом или подстилающей поверхностью.

В резервуарах со стационарной крышей (без понтона) важно контролировать избыточное давление и убедиться в его соответствии установленным предельным значениям. У резервуаров, находящихся в эксплуатации на протяжении продолжительного времени, может произойти снижение избыточного рабочего и максимального давления, а также вакуума по сравнению с исходными проектными значениями, величина изменения определяется на основе результатов диагностики состояния резервуара.

Для визуального осмотра поверхности понтона необходимо выполнить следующие действия в верхнем положении понтона через световой люк. В процессе осмотра следует обратить внимание на следующие моменты:

- Проверить наличие или отсутствие отпотин или нефти на ковре понтона. Наличие этих веществ может указывать на утечки или другие проблемы, которые требуют дальнейшего расследования и ремонта.

- Проверить наличие отпотевших пятен или нефти в открытых коробах на поверхности понтона. Эти признаки могут свидетельствовать о потенциальных утечках или проблемах с системой.

Для осмотра плавающей крыши следует подняться на верхнюю кольцевую площадку резервуара. При осмотре следует обратить внимание на несколько ключевых моментов:

- Проверить положение и горизонтальность плавающей крыши. Убедиться, что она находится в правильном положении и не искривлена.

					Техническое обслуживание и диагностика	Лист
						4917
Изм.	Лист	№ докум.№	Подпись	Дата		

- Проверить отсутствие нефти в центральной части плавающей крыши. Появление нефтяных пятен может указывать на утечки или другие проблемы с крышей.

- Зимой проверить наличие снега на плавающей крыше. Накопление снега может оказывать дополнительную нагрузку на крышу и требовать принятия соответствующих мер.

- Проверить состояние защитных щитков кольцевого уплотняющего затвора. Убедиться, что щитки находятся в хорошем состоянии и обеспечивают эффективное уплотнение.

- Проверить положение задвижки системы водоспуска. Убедиться, что задвижка находится в правильном положении и не возникает никаких проблем с системой водоспуска.

При техническом обслуживании резервуара с плавающей крышей следует выполнить следующие действия:

- Проверить состояние катушек лестницы, обеспечивающей доступ на плавающую крышу. Убедиться, что лестница находится в хорошем состоянии и безопасна для использования.

- Проверить погружение плавающей крыши. Убедиться, что она находится на правильной высоте и корректно плавает на поверхности жидкости.

- Проверить отсутствие нефти в коробах и в отсеках между ними. Обратит внимание на возможные утечки или проблемы с системой.

- Проверить техническое состояние затвора и его элементов. Убедиться, что затвор функционирует должным образом и не требует ремонта или замены элементов.

- Проверить состояние ливневого приёмника, который служит для сбора воды и других жидкостей, попадающих на плавающую крышу.

Для обеспечения удобства обслуживания рекомендуется присвоить порядковые номера каждому коробу с плавающей крышей. Номера следует написать на коробах несмываемой краской, начиная с короба, который

					<i>Техническое обслуживание и диагностика</i>	<i>Лист</i>
						50
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

расположен над приемо-раздаточным патрубком, и продолжать по часовой стрелке.

В случае обнаружения нефти в дренажных и шахтных колодцах, камере управления или при ее выпадении на поверхность резервуара или территории резервуарного парка, необходимо опустошить резервуар для выявления и устранения возможных неисправностей.

### **3.1 Диагностика резервуаров**

Для достоверной оценки состояния резервуара и определения его остаточного ресурса, необходимо выполнить расчеты, учитывающие следующие факторы:

**Коррозионный износ:** Резервуары, особенно те, которые находятся в контакте с агрессивными средами, подвержены коррозии. Расчеты должны учитывать степень коррозионного износа стенок резервуара, особенно в областях, где коррозия наиболее вероятна.

**Малоцикловая усталость:** При частом циклическом нагружении, например, при заполнении и опорожнении резервуара, может проявляться малоцикловая усталость материала. Расчеты должны учесть количество циклов нагружения, амплитуду нагрузки и свойства материала для определения его устойчивости к усталости.

**Трещиностойкость:** В резервуарах могут возникать трещины под воздействием различных факторов, таких как напряжения, коррозия или усталость. Расчеты должны учесть вероятность образования трещин и их влияние на прочность и остаточный ресурс резервуара.

Важно отметить, что для проведения расчетов необходимы соответствующие данные о материалах, геометрии резервуара, условиях эксплуатации и результаты диагностических исследований. Также требуется использование соответствующих методов расчета и нормативных документов, которые регулируют процедуры оценки состояния и прочности резервуаров.

					<i>Техническое обслуживание и диагностика</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

На основе проведенных расчетов и анализа полученных данных формируется заключение о текущем техническом состоянии резервуара и разрабатываются рекомендации по его дальнейшему использованию. Это позволяет принять решения о необходимости ремонта, модернизации или замены резервуара с целью обеспечения его безопасности и эффективности.

### **Обследование резервуаров в период эксплуатации**

Срок службы резервуара определяется в соответствии с нормативно-технической документацией, паспортом или инструкцией по эксплуатации. Обычно этот срок устанавливается проектом или заводом-изготовителем. В случае, если указанные документы не содержат информацию о сроке службы, считается, что он составляет 20 лет.

Длительность полной и частичной диагностики резервуара определяется в зависимости от его технического состояния, интенсивности эксплуатации и характеристик коррозионно-агрессивной среды. Конкретные сроки должны быть установлены на основе оценки этих факторов. При более интенсивной эксплуатации или наличии агрессивной среды может потребоваться более частая диагностика для обеспечения безопасности и надлежащего функционирования резервуара. Рекомендуется регулярно оценивать условия эксплуатации и техническое состояние резервуара для определения необходимости проведения диагностических мероприятий.

Диагностический контроль резервуаров проводится согласно очередным и внеочередным срокам.

Внеочередная диагностика резервуаров проводится в следующих случаях:

- После аварии или пожара на резервуаре.
- При достижении срока амортизации.

В случае, когда невозможно вывести все резервуары одновременно из эксплуатации для диагностики из-за необходимости их опорожнения, очистки и дегазации до санитарных норм, рекомендуется предварительно

провести общую оценку резервуарного парка, чтобы установить очередность проверки.

При общей оценке резервуарного парка могут учитываться различные факторы, включая:

- Техническое состояние каждого резервуара: проверяется наличие видимых повреждений, коррозии и других дефектов.
- Интенсивность эксплуатации: резервуары, которые подвергаются более интенсивной эксплуатации, могут быть приоритетными для диагностики.
- Возраст резервуаров: более старые резервуары могут быть более подвержены износу и требовать более срочной диагностики.
- Тип резервуара и материалы его конструкции: определенные типы резервуаров или материалы могут требовать более частой диагностики из-за своих особенностей или повышенной коррозионной активности.

На основе общей оценки можно разработать план поэтапной диагностики резервуаров, где учитываются приоритеты и потенциальные риски для каждого резервуара. Это позволит оптимизировать процесс диагностики, минимизировать простои и обеспечить безопасность при проведении работ.

В случае, когда нету возможности вывести все резервуары из эксплуатации для диагностики из-за того, что их нужно опорожнить, очистить и дегазировать до санитарных норм, рекомендуется предварительно провести общую оценку резервуарного парка, чтобы установить очередность проверки.

Частичная диагностика может проводиться без вывода резервуара из эксплуатации. В процессе частичной диагностики выполняются следующие работы:

- Визуальный осмотр резервуара и его оборудования.
- Измерение толщины листов стенки и кровли резервуара.

					<i>Техническое обслуживание и диагностика</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

- Измерение отклонений от вертикали, обнаружение местных деформаций стенки и проверка горизонтальности выступов окрайки и основания под ней.

- Проверка состояния отмостки (днища) резервуара.

- Составление заключения о техническом состоянии резервуара на основе проведенных работ и полученных данных.

Такая частичная диагностика позволяет оценить текущее техническое состояние резервуара без необходимости полного вывода его из эксплуатации.

При полной диагностике резервуара необходимо выполнить следующие работы:

- Визуальный осмотр стенки, кровли и днища резервуара с внутренней стороны.

- Визуальный осмотр понтона (при его наличии).

- Измерение толщины стенки, днища, кровли и понтона резервуара.

- Контроль сварных соединений с использованием физических методов.

- Проведение механических испытаний, металлографических исследований и химического анализа металла при необходимости.

- Зондирование днища и основания резервуара для обнаружения возможных утечек.

- Рассмотрение вопроса о необходимости и целесообразности проведения диагностики резервуара с использованием инфракрасной спектроскопии и выполнение такой диагностики при необходимости.

- Обработка полученных результатов измерений толщины всех элементов резервуара (стенка, кровля, днище, понтон, плавающая крыша) и определение остаточного срока их службы на основе коррозионного износа.

- Расчет допустимой толщины листов для различных поясов, окрайки, днища и кровли, а затем сравнение полученных результатов с

					<i>Техническое обслуживание и диагностика</i>	<i>Лист</i>
						54
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

данными измерений. Если фактическая толщина листов меньше допустимой, необходимо принять одно из возможных решений: 1) Остановить резервуар для проведения ремонта. 2) Эксплуатировать резервуар при пониженной эксплуатационной нагрузке, для чего выполнить расчет допустимой высоты заполнения резервуара. Также провести расчет остаточного ресурса резервуара на основе малоциклового усталости и трещиностойкости металла, а также проверить функциональные параметры резервуара.

- Составить заключение о техническом состоянии резервуара и определенных показателях его использования на предстоящий период эксплуатации.

При диагностике резервуаров могут применяться иные методы неразрушающего контроля, которые обеспечивают более точные результаты и, в то же время, гарантируют полную безопасность.

Примерами таких методов могут быть:

- Акустико-эмиссионный метод обнаружения дефектов, позволяющий выявить внутренние дефекты и повреждения резервуара посредством анализа звуковых волн, возникающих при их образовании или распространении.

- Магнитный метод или иной метод измерения фактических напряжений в стенке резервуара, позволяющий оценить напряжения, которым подвергается материал резервуара, и выявить возможные механические напряжения или деформации.

- Другие современные техники и методы, используемые в неразрушающем контроле, чтобы получить более полную информацию о состоянии резервуара и его элементов.

Выбор конкретных методов диагностики будет зависеть от требований компании, характеристик резервуара и предполагаемых дефектов или проблем, которые требуется выявить.

					<i>Техническое обслуживание и диагностика</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55

#### 4 Анализ причин возникновения дефектов

Дефекты, возникающие в резервуарах вертикального хранения жидкостей (РВС), могут проявляться на различных этапах их жизненного цикла, включая прокат металла, транспортировку, монтаж и эксплуатацию. Однако наибольшее количество дефектов связано именно с монтажом и эксплуатацией резервуаров. Существенную роль в формировании дефектов играет человеческий фактор, включающий несоблюдение требований при проектировании и изготовлении резервуаров.

Дефекты, связанные с дном резервуара, имеют наибольшую вероятность возникновения (около 50%). Затем следует оболочка корпуса (около 35%), а на третьем месте находится стационарное покрытие (около 15%). Неправильно спроектированный фундамент и неподходящее основание могут привести к неравномерной осадке, превышающей расчетные нормы. Это может привести к трещинам, выпуклостям, складкам на дне, деформациям вдоль периметра резервуара и нарушению его геометрической формы.

В некоторых случаях такие дефекты могут привести к полному разрушению резервуара. Дефекты сварных швов также могут быть связаны с человеческим фактором и включать непровары, прожоги (сквозные проплавления), наплывы, трещины, шлаковые включения и кратеры.

Возможность выполнения сварки без дефектов практически невозможна, но можно исключить халатность и невнимательность. Для этого сварщики должны обладать квалификацией, соответствующей выполняемым работам.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации			
Разраб.		Мамедов М.			Анализ причин возникновения дефектов	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					56	97
Консульт.						ТПУ гр. 2Б91		
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.						



В сварных швах резервуаров могут возникать следующие дефекты:

- Трещины в окрайках днища вдоль сварных соединений и в основном металле. Это может быть вызвано неправильной технологией сварки, нарушением процесса нагрева и охлаждения, а также напряжениями, возникающими из-за неравномерной деформации.

- Трещины в нижнем углубленном соединении и в сварных соединениях полотна днища. Этот дефект может быть связан с несоответствием технологии сварки требованиям проекта, недостаточным качеством сварного соединения или неправильной подготовкой металла перед сваркой.

- Трещины в сварных соединениях и основном металле в нижних поясах. Причиной этого дефекта может быть несоответствие сварного соединения требованиям прочности и устойчивости к динамическим нагрузкам.

- Коррозионные дефекты являются основным вредоносным фактором для резервуаров. Их интенсивность и характер зависят от коррозионной стойкости материалов, химического состава хранимых жидкостей и температуры. Перепады температур также могут способствовать образованию трещин как в стенках резервуара, так и в бетонном основании.

- Геометрия стенок резервуара подвержена изменениям под воздействием гидростатического давления хранимого продукта, ветра, снега, сейсмических явлений и вакуума, который может возникнуть при неисправности дыхательной арматуры или при сливе нефтепродукта слишком высокой скоростью. Эти факторы могут вызывать значительные напряжения в верхних поясах корпуса, что может привести к образованию вмятин и выпуклостей.

#### **4.1 Анализ причин возникновения осадков основания**

Фундамент резервуара является ключевой составляющей всей конструкции, он переносит давление от всего сооружения, а также

					<i>Анализ причин возникновения дефектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57

гидростатическое давление нефтепродукта. Неправильно спроектированный фундамент или неправильно выбранное основание могут привести к неравномерной осадке, выходящей за пределы расчетных норм. Это в свою очередь может привести к ряду негативных последствий, таких как трещины в корпусе и днище резервуара, выпучины, складки днища, деформация днища вдоль периметра резервуара и нарушение геометрической формы резервуара. В некоторых случаях это может привести к полному разрушению резервуара. В процессе интенсивного обводнения, когда уровень воды вокруг резервуара значительно повышается, может произойти потеря несущей способности грунтов основания. Это может быть вызвано недостаточной устойчивостью грунта, плохим дренажем или нарушением гидроизоляции фундамента.

Как результат, фундамент может быть подвергнут перемещениям, осадке или даже провалу, что создаст серьезную угрозу для всей конструкции резервуара.

Правильное проектирование и строительство фундамента являются критически важными мерами для обеспечения безопасной и надежной эксплуатации резервуара. Они должны учитывать особенности грунта, гидрологические условия и геометрические параметры резервуара, чтобы минимизировать риски деформаций и повреждений. Также необходимо обеспечить правильный дренаж и гидроизоляцию, чтобы предотвратить негативное воздействие влаги на фундамент и основание резервуара.

Причинами неравномерной осадки и разрушения основания резервуара могут быть следующие факторы:

Некачественное выполнение насыпи в основании: Неправильная подготовка и укладка грунта под фундаментом может привести к неоднородной плотности и устойчивости грунта, что вызывает неравномерную осадку и деформацию основания.

					Анализ причин возникновения дефектов	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Обводнение грунтов: Повышенный уровень воды вокруг резервуара может вызывать изменения в грунтовом слое под фундаментом, включая понижение несущей способности грунта и его смыв.

Эрозия почвы: Действие воды может вызывать эрозию грунта под фундаментом, что приводит к его оползнию, потере прочности и неравномерной осадке.

Неправильная организация водоотвода: Недостаточный или неправильный дренаж воды с поверхности резервуара может привести к скоплению влаги вокруг фундамента, вызывая негативное влияние на его состояние и стабильность.

Резкие перепады температур: Перепады температур могут вызывать разрушение бетонного основания резервуара, особенно при быстром изменении температуры. Это может приводить к трещинам и деформациям фундамента.

Воздействие химических веществ: Если резервуар содержит химические вещества, они могут негативно влиять на железобетонные конструкции фундамента, вызывая их разрушение и деформацию.

Все эти факторы могут привести к неравномерной осадке, трещинам, деформации и даже разрушению основания резервуара, поэтому важно учесть их при проектировании, строительстве и эксплуатации резервуара, чтобы предотвратить возникновение таких проблем.

#### **4.2 Анализ причин появления дефектов сварных соединений**

Дефект сварного шва представляет собой отклонение от технических условий и требований чертежа, которое негативно сказывается на качестве соединения. Оно оказывает влияние на герметичность, сплошность и механические свойства сварного соединения. Воздействие дефектов на прочность зависит от их расположения относительно действующих сил, а также от их формы и глубины. Глубокие дефекты оказывают более сильное влияние на прочность соединения. В случае резервуаров, которые являются

					<i>Анализ причин возникновения дефектов</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

ответственными сооружениями, допустимая глубина дефекта не должна превышать 5-10% толщины основного металла. Дефекты, расположенные параллельно или под небольшим углом к направлению растягивающих усилий, менее опасны, чем дефекты, расположенные перпендикулярно этому направлению.

Появление дефектов в сварном шве может быть обусловлено рядом причин:

- Плохая свариваемость металла.
- Низкое качество электродов.
- Неправильные режимы и технологии сварки.
- Неравномерное движение электрода, проволоки и горелки, что приводит к неравномерной ширине и высоте шва по длине.
- Недостаточная подготовка кромок, особенно расширения между ними, которые требуют заполнения наплавленным металлом.
- Возникновение дефектов сварного шва, таких как подрезы, непровары, прожоги (сквозные проплавления), наплывы, трещины, шлаковые включения, кратеры и образование пор.
- Недостаточный размер сварного шва для данной толщины соединения.
- Высокое значение сварочного тока, что может привести к образованию хрупких крупнозернистых участков.
- Образование пор, вызванное наличием водорода и углерода, которые не успевают выделиться до застывания сварного шва. Причинами образования пор могут быть неправильная регулировка пламени горелки и влажность электродного покрытия.

Для устранения этих причин и обеспечения качественного сварочного соединения необходимо правильно выполнять сварочные работы, уделять внимание подготовке материалов, выбирать соответствующие электроды и контролировать режимы сварки.

					Анализ причин возникновения дефектов	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Непровар - это ситуация, когда между свариваемыми деталями отсутствует полноценное сплавление. Это может быть вызвано следующими причинами:

- Большая скорость сварки, при которой не достигается достаточное время для полного сплавления.
- Недостаточная подгонка и подготовка кромок, что может привести к неправильному прилеганию деталей.

Для устранения непровара рекомендуется принять следующие меры:

- Уменьшить длину дуги, чтобы повысить концентрацию энергии и обеспечить более полное сплавление.
- Повысить мощность сварочной дуги, чтобы обеспечить достаточное количество тепла для полного сплавления.

Подрез - это канавка, которая образуется в основном металле по краям сварного шва. Причины его появления могут быть следующими:

- Неправильно выбраны параметры сварки, особенно скорость сварки и напряжение на дуге.
- Направление сварочной дуги более сосредоточено на вертикальную поверхность.
- Использована увеличенная длина сварочной дуги.

Для устранения подреза рекомендуется принять следующие меры:

- Уменьшить длину дуги, чтобы увеличить проплавление и предотвратить образование подреза.
- Правильно настроить параметры сварки, чтобы обеспечить правильное направление сварочной дуги и предотвратить образование подреза.

Наплыв - это натекание сварочного материала на основной металл без образования полноценного сплавления.

Для устранения наплыва рекомендуется принять следующие меры:

					<i>Анализ причин возникновения дефектов</i>	<i>Лист</i>
						61
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- Внимательно выбрать необходимый режим сварки, включая сварочный ток, чтобы он соответствовал скорости подачи сварочного материала.

- Обеспечить чистоту свариваемой поверхности, удалить окалину перед сваркой, чтобы предотвратить образование наплыва.

Прожоги - это сквозные отверстия в сварочном шве. Они могут возникнуть по следующим причинам:

- Большой зазор между кромками, что приводит к недостаточному смыканию и проникновению сварочного материала.

- Использование слишком большого сварочного тока, что приводит к излишнему плавлению материала и образованию отверстия.

- Медленная скорость сварки, при которой плавящийся материал не успевает заполнить зазор полностью.

Для устранения прожога рекомендуется принять следующие меры:

- Увеличить скорость сварки, чтобы сварочный материал успел заполнить зазор и предотвратить образование отверстий.

- Надлежащим образом подготовить кромки перед сваркой, чтобы обеспечить правильное смыкание и уменьшить зазор.

- Понизить сварочный ток, чтобы избежать излишнего плавления материала.

Кратер - это воронка, образующаяся в конце сварочного шва в результате резкого обрыва сварочной дуги. Причинами его появления могут быть следующие:

- Резкий обрыв сварочной дуги, который может произойти, например, при окончании сварки.

Для устранения кратера рекомендуется принять следующие меры:

Кратер необходимо вырезать до основного металла и заварить. Современное оборудование часто предлагает специальные программы для заварки кратера, которые позволяют проводить заварку на пониженных токах

					<i>Анализ причин возникновения дефектов</i>	<i>Лист</i>
						62
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

для окончания сварки. Это помогает предотвратить образование воронки и обеспечить завершение сварочного шва.

### **4.3 Анализ причин возникновения трещин**

Трещины в резервуаре могут возникать как на начальных этапах строительства, так и в процессе эксплуатации. На начальных этапах изготовления проката в металле могут образовываться микротрещины, которые со временем могут увеличиваться под воздействием растягивающих усилий при эксплуатации резервуара. Коррозионные повреждения также зависят от условий эксплуатации и хранимого продукта. Присутствие агрессивных веществ в течение длительного времени может привести к снижению сопротивляемости и старению металла. Качество металла и антикоррозионного покрытия напрямую влияет на охрупчивание металла и срок службы резервуара.

Резкие перепады температур окружающей среды также могут привести к образованию хрупких трещин и снижению прочности конструкции резервуара. При сварке могут возникать дефекты сварных соединений, такие как непровары, подрезы, наплывы, прожоги, кратеры, образование пор и шлаковых включений. Трещины малоциклового усталости появляются в местах повышенной концентрации напряжений, таких как уторные и монтажные соединения, а также технологические отверстия.

Для предотвращения образования трещин и обеспечения долговечности резервуара необходимо уделить внимание качеству металла, правильному антикоррозионному покрытию, контролю процесса сварки и избегать резких перепадов температур. Также важно проводить регулярные инспекции и обслуживание резервуара для выявления и устранения потенциальных проблем и дефектов.

					<i>Анализ причин возникновения дефектов</i>	<i>Лист</i>
						63
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 5 Расчет резервуарных конструкций на прочность

Зафиксирована коррозия, по итогу удалены, из-за чего толщина стенки стало меньше. Для получения остаточной толщины стенки был применен метод ультразвукового контроля (УЗК).

Выполнение расчетной оценки минимальной толщины стенки резервуара. Был проведен расчет на остаточную прочность стенки резервуара и оценка его ресурса.

### 5.1 Сведение об объекте

Таблица 1 - Резервуар вертикальный стальной цилиндрический РВС-20000 м<sup>3</sup>. Технические характеристики РВС 20000 м<sup>3</sup>

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

### 5.2 Определение толщины стенки резервуара

Для расчёта минимальной толщины стенки резервуара РВС при эксплуатации использовали формулу:

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации			
Разраб.		Мамедов М.			<b>Расчет резервуарных конструкций на прочность</b>	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					64	97
Консульт.						<b>ТПУ гр. 2Б91</b>		
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.						



Где  $n_1 = 1,05$  – надежность по нагрузке гидростатического давления;  
 $n_2 = 1,2$  – надежность по нагрузке от избыточного давления и вакуума;  
 $\rho_n$  – плотность нефти,  $кг/м^3$ ;

$R$  – радиус стенки резервуара,  $м$ ;

$H_{max}$  – макс уровень взлива нефти в резервуаре,  $м$ ;

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

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

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

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

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

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

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

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

$\gamma_n = 1,15$ , так как объем резервуара более  $10\,000 \text{ м}^3$ .

К основным конструкциям подгруппы «А» относиться стенка резервуара, для которых должна применяться сталь класса С345 (09Г2С-12) с нормативным расчетным сопротивлением  $R_y^H = 345 \text{ МПа}$ .

Вычисляем расчетное сопротивление:

$$R_y = \frac{345}{1,025 \cdot 1,15} \approx 293 \text{ МПа}, \quad (3)$$

Вычисление предварительной толщины стенки для каждого пояса

	резервуара.				Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

При вычислении нужно использовать формулу, в которой координата нижней точки каждого пояса является изменяемым при переходе от нижнего пояса к верхнему.

Формула выглядит следующим образом:

$$x_i = B(i - 1), \quad (4)$$

где  $i$  – номер пояса снизу вверх;

$B$  – ширина листа.

Для проведения прочностных расчетов резервуара, основные геометрические размеры могут быть округлены в большую сторону до номинальных значений с целью обеспечения запаса прочности:

$$H = 12\text{м}; B = 2,0\text{м}; R = 22,8\text{м}.$$

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

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

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

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

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

Для остальных поясов резервуара полученные значения для толщины стенки приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Толщина стенки поясов резервуара

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

### Выбор номинального (окончательного) размера толщины стенки.

Минимальная толщина стенки для заданных условий эксплуатации должна быть увеличена на величину отрицательного допуска на прокат и округлена до ближайшего значения из сортаментного ряда листового проката. Затем полученное значение сравнивается с минимальной конструктивной толщиной стенки  $\delta_{\text{КС}}$ .

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

$$\delta_{\text{НОМ}} \geq \max(\delta_i + C_i + \Delta; \delta_{\text{КС}}), \quad (5)$$

где  $C_i$  – припуск на коррозию, мм;

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

$\delta_{\text{КС}}$  – минимальная конструктивная толщина стенки.

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

В таблице 3 можно увидеть все данные для выбора номинального размера толщины стенки

Таблица 3 - Номинальная толщина стенки

Номер пояса	$\delta_i$ , мм	$C_i$ , мм	$\Delta_i$ , мм	$\delta_i + C_i + \Delta_i$	$\delta_{\text{КС}}$	$\delta_n$
1	6,31	2,0	0,45	8,76	6,0	9
2	4,6			7,05		8
3	3,7			6,15		7
4	3,27			5,62		6
5	2,4			4,85		6
6	1,92			4,37		6
7	1,48			3,93		6
8	1,1			3,55		6

### 5.3 Расчет на остаточную прочность стенки резервуара

					Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Понижение толщины листов резервуара приводит к увеличению кольцевых напряжений в корпусе. Самыми опасными для корпуса резервуара являются кольцевые напряжения, достигающие своего максимального значения на уровне, находящемся на 300 мм выше нижней кромки каждого пояса.

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

Кольцевые напряжения, исходя из фактической минимальной толщины листов по всем поясам резервуара определены по формуле:

$$\sigma_{\max} = \frac{(\gamma_{f,0} \cdot \rho \cdot g \cdot (H - x) + \gamma_{f,s} \cdot P_s) \cdot R_p}{t_{\text{фак}}}; \quad (6)$$

где:  $\sigma_{\max}$ , (кгс/мм<sup>2</sup>) - расчетные максимальные кольцевые напряжения;

$\gamma_{f,0} = 1,1$  – коэффициент надежности по гидростатическому давлению;

$\rho = 9 \cdot 10^{-7}$  - (кгс/мм) - удельный вес продукта;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\sigma_{\max} < \left[ \frac{\gamma_c \cdot R_{un}}{\gamma_m} \right] \quad (6.1)$$

					Расчет резервуарных конструкций на прочность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

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

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

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

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

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

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

Таблица 4 - Максимальные кольцевые напряжения, действующие в стенке резервуара с учетом дефектов наружной поверхности

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

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

По результатам расчета кольцевых напряжений с учетом фактической толщины листов стенки корпуса (с учетом язвенных коррозионных

повреждений стенки) резервуара РВС-20000 м3, уровень максимально допустимого налива продукта составляет Н = 10400 мм.

#### 5.4 Оценка ресурса стенки резервуара

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

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

и

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

где:

Е - модуль упругости, для стали Е = 2,06·10<sup>3</sup> , МПа;

Ψ - относительное сужение, определяемое экспериментальным путём или по справочным данным,

Ψ = 0,55 для стали 09Г2С;

n<sub>σ</sub> - коэффициент запаса по напряжениям, n<sub>σ</sub> = 2 по;

σ<sub>а</sub>\*- амплитуда условных напряжений в расчётной точке стенки резервуара, МПа;

σ<sub>-1</sub> - предел выносливости для материала стенки, для стали 09Г2С, принимаем =120 МПа;

φ<sub>с</sub>- коэффициент, учитывающий снижение характеристик металла в результате сварки, для малоуглеродистой стали – при ручной сварке φ<sub>с</sub> = 0,8, при автоматической φ<sub>с</sub> = 0,9;

n<sub>N</sub>- коэффициент запаса по долговечности, n<sub>N</sub> = 10.

Амплитуда условных напряжений определяется по следующей

					<i>Расчет резервуарных конструкций на прочность</i>	<i>Лист</i>
						70
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

формуле:

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

где  $K_\sigma = 2,4$ ;  $\sigma_H$  (МПа) - максимальные напряжения в стенке резервуара из табл. 6.

Подставляем значения параметров в формулы (7) и (8) и получаем величину  $N_0$  соответственно 7464 и 4028 циклов.

Минимальная из них должна быть скорректирована по условиям коррозии.

Ресурс с учётом коррозии определяется по формуле:

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

где:

$$\beta_{kc} = \lambda * \lg N_0, \quad (10)$$

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

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

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

## 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время, более 70% эксплуатирующего оборудования в России выработало свой ресурс (срок эксплуатации 30-35 лет). Известно, что аварии и отказы происходят в начальный период эксплуатации из-за дефектов монтажа, затем следует период безаварийной работы, а после 15-20 лет эксплуатации количество отказов, аварийных ситуаций резко возрастает,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации			
Разраб.		Мамедов М.			Финансовый менеджмент	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					71	97
Консульт.						ТПУ гр. 2Б91		
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.						





Таблица 6 - Расчет капитальных затрат на монтажные работы

Наименование материала	Марка	Единицы измерения	Норма	Стоимость единицы, тыс. руб.	Сумма, тыс. руб.
Электроды Ду 5мм	МР-3С	кг	25	0,641(5 кг)	3,205
Лак ПФ-170 (2 слоя)	ПФ-170	м <sup>2</sup>	0,9	0,185(1,8 кг)	0,19
Грунт ВГ-33 (3 слоя)	ВГ-33	м <sup>2</sup>	7	0,178(1 кг)	0,356
Итого:				3,751	

Сумма материальных затрат на реконструкцию составляет:  
 $667,32 + 3,751 = 671,071$  тыс.руб.

### Расчет капитальных затрат на монтажные работы

Общая сумма капитальных затрат:  $\Phi_{\text{общюкап.затр.}} = \Phi_{\text{пр.}} + \Phi_{\text{мон.}} - \Phi_{\text{мет.}}$

$\Phi_{\text{пр}}$  - затраты на приобретение нового оборудования и материалов

$\Phi_{\text{мон}}$  - затраты на монтаж и демонтаж

**Затраты** на демонтаж и монтаж складываются из:

- заработная плата ремонтной бригады;
- затрат на вспомогательные материалы;
- затрат на комплектацию.

Таблица 7 - Затраты на монтаж и демонтаж

Вид работ	Нормо-часов
Подготовительные работы	120
Демонтаж клапана предохранительного КПП-250	2*8
Монтаж клапана предохранительного КДС-3000/500	5*8
Демонтаж клапана дыхательного НДКМ-250	3*4
Монтаж клапана дыхательного КДС-3000/500	6*4
Демонтаж огневого предохранителя D=250	2*4
Монтаж огневого предохранителя D=500	3*4
Демонтаж люк-лаз Ду-500	2*2
Монтаж люк-лаз Ду-600	4*2
Всего:	244

Таблица 8 - Состав рабочего звена

Специальность	Разряд	Число рабочих	Часовая тарифная ставка, руб.
Слесарь	5	2	125,6
Слесарь	4	2	114,5
Сварщик	5	2	136,2
Сварщик	4	1	118,8
Электрик	5	1	119,6
Автокрановщик	5	1	105,5
Водитель	4	1	107,2

## 6.2 Расчет фонда заработной платы

Таблица 9 - Расчет фонда заработной платы

	Слесарь	Слесарь 4 разряда	Сварщик 5 разряда	Сварщик 4 разряда	Электрик 5 разряда	Автокран. 5 разряда	Водитель 4 разряда	Фонд з/п, руб.
Эффективный фонд рабочего времени	244	244	52	52	244	40	40	
Часовая Тарифная ставка	125,6	114,5	136,2	118,8	119,6	105,5	107,2	
Списочный состав	2	2	2	1	1	1	1	
Явочный состав	2	2	2	1	1	1	1	
Тарифный фонд	61292,8	55876	14164,8	6177,6	29182,4	4220	4288	
Премия 30%	18387,84	16762,8	4249,44	1853,28	8754,72	1266	1286,4	
Часовой Фонд зарплаты	79680,64	72638,8	18414,24	8030,88	37937,12	5486	5574,4	
Районный коэффициент 30%	23904,2	21791,64	5524,3	2409,25	11381,1	1645,8	1672,32	
Стажевая надбавка 10%	7968,1	7263,88	1841,4	803,1	3793,7	548,6	557,4	
Основная Заработная плата	111552,94	101694,32	25779,94	11243,2	53111,92	7680,4	7804,1	
Дополнительная зарплата 11%	12270,8	11186,37	2835,8	1236,75	5842,3	844,8	858,5	

					Финансовый менеджмент			Лист
								74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				



хранение				
Итого:	100,00	1000000	100,00	1000000
Расход: нефть товарная на отгрузку	99,995	999950	99,9995	999995
Потери от испарений		0,005	50	0,0005
Итого:	100	1000000	100,00	1000000

По проекту реконструкции планируется получение прибыли за счет экономии нефти на испарении.

По проекту получаем экономию  $(50-5)=45$  тонн нефти в год.

$\square$  нефти  $\square$  0,85т / л

$$V = \frac{45 \cdot 10^3}{0,85} = 52\,941,76$$

1 баррель  $\square$  159л

$$\text{Кол-во баррелей} = \frac{52\,941,76}{159} = 332,96$$

Примем стоимость 1 барреля нефти (марка Brent от 15.05.18) = 79\$.

1 \$ примем по курсу ЦБ РФ (от 15.05.18) 1\$ = 62,32 руб.

$$\Delta\Pi = 332,96 \square 79 \square 62,32 = 1\,639\,289,99 \text{ руб.}$$

### 6.3 Расчет показателей экономической эффективности.

Экономическая эффективность проектного варианта реконструкции обусловлена двумя характерными величинами.

1. Сумму капитальных затрат на реконструкцию
2. Условно-годовой экономический эффект

$$\mathcal{E}_{\text{гр}} = \Delta\Pi - E_{\text{норм.}} * \Delta K_{\text{рек.}}$$

$\Delta\Pi$  – прибыль

$$E_{\text{норм.}} = 0,14$$

$\Delta K_{\text{рек.}}$  – сумма капитальных вложений на реконструкцию

$$\mathcal{E}_{\text{гр}} = 1\,639\,289,99 - 0,14 * 1330249,4 = 1639289,99 - 186234,9 = 1453055,07 \text{ руб.}$$

Коэффициент экономической эффективности:

$$E = \Delta\Pi / \Delta K_{\text{рек.}} = 1639289,99 / 1330249,4 = 1,2$$

Срок окупаемости капитальных вложений:

					Финансовый менеджмент	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_{\text{ок.}} = \Delta K_{\text{рек.}} / \Delta \Pi = 1330249,4 / 1639289,99 = 9 \text{ мес.}$$

Таблица 13 - Сравнение материального баланса

Наименование показателей	Единица измер.	Проектный вариант	Базовый вариант	+(увелич.) -(уменьш.)
1. Годовая производственная мощность по сырью	т	1000000	1000000	
2. Годовая производственная мощность по продукту	т	999 995	999 950	+45
3. Потери от испарений	т	5	50	-45
4. Сумма Капитальных вложений	руб.	1330249,4		+1330249,4
5. Коэф. Экономического эффекта		1,2		
6. Срок окупаемости	лет	0,9		
7. Условно-годовой экономический эффект	руб.	1453055,07		+1453055,07

**Заключение:**

Предложенная данным проектом реконструкция резервуара для хранения товарной нефти обеспечит:

1. Сокращение потерь нефти за год на **45** тонн.
  2. Получение прибыли от уменьшения естественных потерь нефти от испарения в размере **1 639 289,99** руб. в год.
  3. Снижение выбросов в воздушный бассейн в **10 раз** (50/5).
- Капитальные затраты на реконструкцию окупятся за **9** мес.

Все, вышперечисленные технико-экономические показатели проекта, позволяют сделать вывод о том, что **данная реконструкция резервуара экономически выгодна.**

## 7 Социальная ответственность

Темой данной работы является анализ причин возникновения дефектов резервуаров в процессе их эксплуатации. 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. В данной работе рассматриваются дефекты, которые могут возникать на резервуарах, причины возникновения дефектов и методы их устранения. После рассмотрения существующих методов, делается вывод об экономической целесообразности их использования. В разделе социальная ответственность, рассматривается резервуар, как опасный производственный объект, анализ причин возникновения опасных и вредных факторов и чрезвычайных ситуаций.

### 7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В связи с требованиями, предъявляющими к нефтебазам и резервуарным паркам в соответствии с ФЗ №116 «О промышленной безопасности на опасных производственных объектах» предприятие

					Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Мамедов М.				<b>Социальная ответственность</b>	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Саруев А.Л.						78	97
Консульт.						<b>ТПУ гр. 2Б91</b>		
Рук-ль ООП	Чухарева Н.В.							

обязуется страховать оборудование, сооружения и персонал на случай чрезвычайных ситуаций. В противном случае, невыполнение обязательств по обеспечению безопасности производственного объекта и его персонала берет на себя полную ответственность по компенсации последствий, возникших при аварии.

## 7.2 Производственная безопасность

Рассмотрим основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении реконструкции РВС-20000 м<sup>3</sup> в таблице 14.

Таблица 14 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении реконструкции резервуара вертикального стального

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-15.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Ремонтно-восстановительные работы при реконструкции РВС-20000 м <sup>3</sup>	<i>Физические</i>		
		Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования (в т.ч. грузоподъемные)	ГОСТ 12.1.003 -14* ССБТ
		Производственные факторы, связанные с электрическим током	ГОСТ ИЕС 61140-2012
		Электрическая дуга и металлические искры при сварке	ГОСТ Р 12.4.234-2012 ССБТ
Ремонтно-восстановительные работы при реконструкции РВС-20000 м <sup>3</sup>		Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением	ПБ 03-576-2003 32. РД 03-29-93 РД 10-290-99 ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ

	Производственные факторы, связанные с микроклиматическим и параметрами воздушной среды на местонахождении работающего		СанПиН 2.2.4.548-96 ГОСТ 21.0.003-74 СНиП 2.04.05.86
	Повышение уровней шума		ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ ГОСТ 12.1.003 2014
	Повышение уровней вибрации		ГОСТ 12.1.012-90 СБТ
	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения		ГОСТ 12.1.046-85
	<i>Химические</i>		
	Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны		СанПиН 2.2.4.1294-03 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ
	<i>Биологические</i>		
	Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися		Р 3.5.2.2487-09

### **7.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия и устранению влияния на рабочих**

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

**- *Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования***



Скорость движения автотранспорта, по строительной площадке и вблизи мест производства работ не должны превышать 10 км/час на прямых участках и 5 км/час на поворотах.

Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование.

Перемещение, установка и работа машин вблизи выемок, траншей и котлованов разрешается только за пределами призмы обрушения грунта.

***- Производственные факторы, связанные с электрическим током, электрической дугой и металлические искры при сварке.***

Класс опасности по ПУЭ при проведении работ по реконструкции внутри резервуара В-1Г, категория опасности А.

Зоны класса В-1г - пространства у наружных установок: технологических установок, содержащих горючие газы или ЛВЖ, надземных и подземных резервуаров с ЛВЖ или горючими газами, эстакад для слива и налива ЛВЖ, открытых нефтеловушек, прудов-отстойников с плавающей нефтяной пленкой и т. п.

Для наружных взрывоопасных установок взрывоопасная зона класса В-1г считается в пределах до:

- 8 м по горизонтали и вертикали от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами, при наличии обвалования - в пределах всей площади внутри обвалования.

Используемое оборудование при проведении работ по реконструкции должно быть взрывозащищенное, выполненное для работы во взрывоопасной смеси горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом. Допустимый уровень взрывозащиты переносных электрических светильников, для класса взрывоопасной зоны В-1Г, должен быть повышенной надежности против взрыва.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Для защиты от поражения электрическим током необходимо использовать следующие средства индивидуальной защиты: диэлектрические перчатки и галоши (дежурные), резиновые коврики, изолирующие подставки.

Для защиты от электрической дуги и металлических искр при сварке необходимо использовать: защитные костюмы, защитные каски или очки и т.п.

**- Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением.**

При несоблюдении правил безопасности при изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудование работающее под высоким давлением обладает повышенной опасностью.

Причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления могут быть: внешние механические воздействия, старение систем (снижение механической прочности); нарушение технологического режима; конструкторские ошибки; изменение состояния герметизируемой среды; неисправности в контрольно-измерительных, регулирующих и предохранительных устройствах; ошибки обслуживающего персонала и т. д.

Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, распространяются:

- на сосуды, работающие под давлением воды с температурой выше 115 °С или другой жидкости с температурой, превышающей температуру кипения при давлении 0,07 МПа, без учета гидростатического давления;
- на сосуды, работающие под давлением пара или газа свыше 0,07 МПа;
- на баллоны, предназначенные для транспортирования и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа;
- на цистерны и сосуды для транспортирования или хранения сжатых, сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых давление выше 0,07 МПа создается периодически.

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

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		82

Общим требованием к конструкции сосуда является надежность обеспечения безопасности при эксплуатации и возможности осмотра и ремонта. Специальные требования предъявляются к сварным швам. Они должны быть доступны для контроля при изготовлении, монтаже и эксплуатации, располагаться вне опор сосудов. Сварные швы делаются только стыковыми.

Сосуды, работающие под давлением, снабжаются следующими приборами: указателями уровня жидкости, обязательными для сосудов, обогреваемых пламенем или горючими газами; запорной арматурой, устанавливаемой на трубопроводах, подводящих и отводящих из сосуда пар, газ или жидкость; приборами для измерения давления и температуры; предохранительными устройствами.

Каждый сосуд, работающий под давлением, снабжается *манометром*.

Предохранительные устройства (пружинные, рычажно-грузовые клапаны или разрывные мембраны) сосудов должны исключать возможность превышения рабочего давления.

Требования к персоналу по эксплуатации сосудов, работающих под давлением:

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

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

***- Производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего.***

В настоящее время для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях крайнего севера (а также районах, приравненных к районам крайнего Севера) используется понятие предельной жесткости погоды (эквивалентная температура, численно равная сумме отрицательной температуре воздуха в градусах Цельсия и удвоенной

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

скорости ветра в м/с), устанавливаемая для каждого района решением местных региональных органов управления.

Предельная жесткость погоды, ниже которой не могут выполняться работы на открытом воздухе, колеблется в пределах от -40 до -45 °С.

При эквивалентной температуре наружного воздуха ниже -25 °С работающим на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях, а также грузчикам, занятым на погрузочно-разгрузочных работах, и другим работникам, ежедневно должен быть обеспечен обогрев в помещении, где необходимо поддерживать температуру около +25 °С.

Работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены в зимнее время спецодеждой и спецобувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица. При работах, связанных с ограниченностью движения, следует применять спецодежду и спецобувь со специальными видами обогрева.

Работники должны быть обучены мерам защиты от обморожения и оказанию доврачебной помощи.

В рабочих зонах помещения и площадки обслуживания температура воздуха различна в теплый и холодный периоды года.

Интенсивность теплового облучения от работающих агрегатов и от нагретых поверхностей не должна превышать 35 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 25-50% поверхности тела и 100 Вт/м<sup>2</sup> при облучении менее 25%. Максимальная температура при этом 28°С (301 К).

Для поддержания микроклимата предусматриваются приточная и вытяжная вентиляции, нагреватели и кондиционеры (СНиП 2.04.05.86)

Профилактика перегревания работников осуществляется организацией рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха, использования средств индивидуальной защиты.

**- Повышение уровней шума.**

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Допустимый уровень шума составляет 80 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления, превышающими 135 дБА.

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся:

- совершенствование технологии ремонта и своевременное обслуживание оборудования;
- использование средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи); средств звукопоглощения.

Также необходимо использовать рациональные режимы труда и отдыха работников.

В качестве СИЗ Государственным стандартом предусмотрены заглушки-вкладыши (многократного или однократного пользования, вкладыши "Беруши" и др.), заглушающая способность которых составляет 6-8 дБ. В случаях более высокого превышения уровней шума следует использовать наушники, надеваемые на ушную раковину. Наушники могут быть независимыми либо встроенными в головной убор или в другое защитное устройство.

***- Повышение уровней вибрации.***

Для санитарного нормирования и контроля используются средние квадратические значения виброускорения или виброскорости, а также их логарифмические уровни в децибелах. Для первой категории общей вибрации, по санитарным нормам скорректированное по частоте значение виброускорения составляет 62 дБ, а для виброскорости – 116дБ. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц.

Вибробезопасные условия труда должны быть обеспечены:

- применением вибробезопасного оборудования и инструмента; применением средств виброзащиты, снижающих воздействие на работающих вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения;
- организационно-техническими мероприятиями (поддержанию в

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

условиях эксплуатации технического состояния машин и механизмов на уровне, предусмотренном НТД на них; введение режимов труда, регулирующих продолжительность воздействия вибрации на работающих; вывод работников из мест с превышением ДУ по вибрации).

**- Отсутствие или недостаток искусственного освещения.**

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

**- Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.**

Контроль воздушной среды должен проводиться:

- с периодичностью 1 раз в 30 мин;
- по первому требованию ответственного лица за проведение работ;
- по первому требованию исполнителей работ по наряду-допуску;
- после перерыва в работе 1 час.

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализаторов АНТ-3, АНТ-3м, Колион-1. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Предельнодопустимая концентрация пыли, как вещества умеренно опасного, в воздухе рабочей зоны составляет 1,1-10 мг/м<sup>3</sup>, для нефти ПДК равно 300 мг/м<sup>3</sup>.

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

При работе в местах, где концентрация вредных веществ в воздухе может превышать ПДК, работников должны обеспечивать соответствующими противогазами.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

При работе с вредными веществами 4-го классов опасности (нефть, бензин, дизельное топливо, этиловый спирт, керосин и т.д.) должно быть обеспечено регулярное обезвреживание и дезодорирование СИЗ.

Уменьшение неблагоприятного воздействия запыленности и загазованности воздуха достигается за счет регулярной вентиляции рабочей зоны.

Работающие в условиях пылеобразования должны быть в противопыльных респираторах («Лепесток», Ф-62Ш, У-2К, «Астра-2», РП-КМ и др.), защитных очках и комбинезонах. При загазованности траншеи или котлована в результате утечки паров углеводородов выше ПДК необходимо прекратить работу и вывести людей, запретив курить, зажигать спички или пользоваться открытым огнем.

***- Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися.***

В летнее время года работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены за счет предприятия СИЗ от гнуса и энцефалитного клеща.

### **7.3 Экологическая безопасность**

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

#### ***Защита атмосферы***

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.

					Социальная ответственность	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Немаловажным фактором является в целом состояние резервуара. Наличие коррозии и различных видов дефектов также приводит к большим потерям и выбросам.

Резервуары и прилегающую территорию содержат в чистоте, и оборудуют средствами пожаротушения и молниеотводами.

### ***Защита гидросферы***

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

При попадании нефти в водоемы на поверхности воды образуется пленка, препятствующая воздушному обмену, вследствие чего приносит значительный ущерб живущим организмам.

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

### ***Защита литосферы***

Литосфера – твердая оболочка Земли, включающая земную кору и мантию. Почва, наряду с Мировым океаном оказывает решающее значение

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
						88
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



на всю биосферу. Активно участвует в круговороте веществ и энергии в природе, поддерживает газовый состав атмосферы Земли.

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 требованиями лесного хозяйства обязаны:

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

#### **7.4 Защита в чрезвычайных ситуациях**

На объектах для хранения нефти могут произойти различного рода аварии, которые могут привести к чрезвычайным ситуациям. Это и пожары и взрывы при проведении ремонтных работ с несоблюдением требований безопасности по ремонту и эксплуатации.

В зависимости от объема и месторасположения резервуары подразделяют на три класса:

- 1) Класс 1 – особо опасные резервуары объемом 10 000 м<sup>3</sup> и более, а также резервуары объемом от 5000 м<sup>3</sup> и более, расположенные непосредственно по берегам рек, крупных водоемов и в черте городской застройки;

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

2) Класс 2 – резервуары повышенной опасности объемом от 5000 до 10 000м<sup>3</sup>;

3) Класс 3 – опасные резервуары объемом 100 до 5000 м<sup>3</sup>.

Основными методами, способствующими уменьшению масштабов ЧС, являются:

- Обучение персонала навыкам поведения в ЧС.
- Усиленный контроль за состоянием объекта.
- Первичная система пожаротушения (система орошения применяется для тушения горящего резервуара, а также для охлаждения при горении соседнего резервуара). Генератор пены предназначен для пенного пожаротушения нефтепродуктов внутри резервуара.

- Во избежание аварийного разлива нефти, каждый резервуар должен быть огражден земляным обвалованием.

- Система оповещения населения, персонала объекта и органов управления для своевременных необходимых мер по защите населения.

Порядок оповещения в ЧС:

Первичная информация о чрезвычайной ситуации поступает на пульт старшему сотруднику охраны.

Дежурный сотрудник с получением сообщения о чрезвычайной ситуации обязан:

- уточнить метеоданные, оценить обстановку;
- включить кнопку запуска электросирены;
- доложить управляющему (генеральному директору) и главному инженеру о масштабах аварии и с их разрешения задействовать схему оповещения и сбора руководящего состава;
- доложить оперативному дежурному ГУ МЧС;
- по громкоговорящей связи объявить информацию по территории нефтебазы и для населения, проживающего вблизи объекта;
- по техническим средствам связи объявить сигнал «Объявлен сбор» и сообщить информацию городской пожарной части;

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		90

- оповестить и организовать сбор комиссии по ЧС ПБ;
- сделать запись в оперативном журнале о чрезвычайной ситуации и принятых мерах;
- подготовить информацию для донесений в ГУ МЧС;
- по прибытии руководителя – Управляющего (генерального директора), главного инженера доложить о выполненных мероприятиях.
- Организация оповещения об обстановке органов управления привлекаемых сил, рабочих и служащих объекта осуществляется по радиотрансляционной сети, поисковой, телефонной связи или посыльными.
- При возникновении на объекте аварийной ситуации вводится «Чрезвычайный режим».
- В зависимости от прогноза масштабов ЧС оповещаются расположенные вблизи объекты.
- Для оповещения микрорайонов и жилых массивов частного сектора привлекаются подвижные посты, оборудованные громкоговорящими установками от службы охраны общественного порядка.

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

### **Пожаро–взрывоопасность**

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

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

При эксплуатации резервуаров должны соблюдаться требования пожарной безопасности, установленные «Правилами пожарной безопасности в РФ», «Правилами пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения».

Причинами возникновения пожара на объектах эксплуатации резервуаров являются:

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

Тушение пожара и ограничение его распространения достигается системой пожаротушения.

Особым соблюдением правил по безопасности требуют работы, связанные с появлением источников зажигания. К ним в первую очередь относятся огневые работы. Необходимо, при проведении сварочных работ, исключить возможность взрыва газо-воздушной смеси, попадания нефти на сварочные агрегаты.

Меры защиты: установка пожарных сигнализаций, автоматизированная система пожаротушения в резервуарном парке, средства индивидуальной защиты.

**Вывод:** в данном разделе рассмотрены правовые аспекты обеспечения безопасности для работников, занятых на кустовых площадках, описаны организационные меры при компоновке рабочей зоны. Также проведен анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов и рассмотрены соответствующие меры по их устранению. Рассмотрены вопросы влияния работ на экологическую безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		92

## Заключение

В результате проделанной работы были произведены исследования возникновения дефектов вертикальных стальных резервуаров. При рассмотрении анализа причин возникновения дефектов при эксплуатации резервуаров вертикальных стальных ,мы выявили ряд основных положений по техническому обслуживанию и ремонту.

Необходимо контролировать:

1. целостность антикоррозионного покрытия;
2. состояние металлоконструкции резервуара;
3. все нормы и правила при проведении ремонтных работ.

Основываясь на требованиях по охране труда, промышленной безопасности, охране окружающей среды, пожарной безопасности при эксплуатации резервуаров можно сделать соответствующие выводы об экологических аспектах при эксплуатации резервуаров. И таким образом в совокупности можно сделать вывод о полной картине эксплуатации и техническом обслуживании резервуаров.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
					<i>Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации</i>			
Разраб.		Мамедов М.			<i>Заключение</i>	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Саруев А.Л.					93	97
Консульт.						<b>ТПУ гр. 2Б91</b>		
Рук-ль ООП		Чухарева Н.В.						

### Список используемых источников

1. Дорошенко Ф.Е. Промышленное и гражданское строительство. - 2006. - № 6. - С. 28-35.
2. Афонская Г.П. Влияние дефектов на несущую способность резервуаров– 155 - 174с.
3. Галеев В.Б. Эксплуатация стальных вертикальных резервуаров в сложных условиях - 149 - 158 с.
4. ГОСТ Р 52910 - 2008 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. - 45с.
5. ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования»
6. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.
7. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
8. Кандаков Г.П. Проблемы отечественного резервуаростроения и возможные пути их решения. -№ 5. -26 - 45 с.
9. Кондаков Г.П. Анализ причин аварий вертикальных цилиндрических резервуаров. - №5 8с.
- 10.Морозов Е.М. Расчет на прочность при наличии трещин. Прочность материалов конструкций. - 319-334 с.
- 11.Мынбаева Г.У. Анализ формирования отказов резервуаров нефтехранилищ- №1. - 18-22с.
- 12.Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту. – 19 – 24с.
- 13.Резервуары для нефти и нефтепродуктов: том 1. Конструкция и оборудование: учебник для вузов, 2010. – 268 - 276с.

					<i>Оценка технического состояния резервуаров вертикальных стальных в процессе их эксплуатации</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Мамедов М.</i>			<b>Список используемых источников</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Саруев А.Л.</i>					94	97
<i>Консульт.</i>						<b>ТПУ гр. 2Б91</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>						

14. Резервуары вертикальные стальные сварные для нефти и нефтепродуктов. Техническое диагностирование и анализ безопасности: (Методические указания). – 156с.
15. Хоперский Г.Г, Прокофьев В.В. Методы ремонта элементов конструкций стальных вертикальных цилиндрических резервуаров после длительной эксплуатации.
16. РД-16.01-60.30.00-КТН-062-1-05 «Руководство по ремонту железобетонных и стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 куб. м»
17. Розенштейн И.М. Аварии и надежность стальных резервуаров. – 255с
18. Фалькевич А. С, Анучкин М. П. Прочность и ремонт сварных резервуаров и трубопроводов. – 28 – 46с.
19. Фалькевич А. С. Сварка нефтепроводов и резервуаров. – 51 – 65с.
20. Глазков В.И. Защита трубопроводов и резервуаров от коррозии. – 16 – 23с.
21. Кнунянц И.Л. Краткая химическая энциклопедия. – 85 – 89с.
22. Рогожин М.Ю. Правила пожарной безопасности в РФ.
23. РД 153-39.4-078-01 «Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтебаз».
24. РД-23.020.00-КТН-079-09 «Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 куб. м»;
25. РД 153-39.4-113-01 «Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов».
26. РД-13.110.00-КТН-319-09 «Правила безопасности при эксплуатации магистральных нефтепроводов».
27. РД-91.010.30-КТН-170-06 «Технические требования к проектной документации для строительства, технического перевооружения, реконструкции, капитального ремонта, объектов магистральных нефтепроводов (с изменениями 1 и 2).
28. Закон РФ «О пожарной безопасности» от 18.11.1994 г.

					Список используемых источников	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

29.ПУЭ «Правила устройства электроустановок» изд. 6, дополненное 2000 г., изд.7, 2002 г.

30.Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 23.05.2016) "О пожарной безопасности".

31.РД-23.020.00-КТН-079-09 Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 куб. м.

32.РД-16.01-60.30.00-КТН-062-1-05 Руководство по ремонту ж/б и стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 куб.

33.ГОСТ 17.4.3.04-85 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения».

34.ГОСТ 17.53.4-83\* «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель».

35.ГОСТ 17.1.3.13-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения».

36.ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.

37.ГОСТ 12.1.003-74\* «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

38.ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».

39.ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно - гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

40.ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

41.ГОСТ 12.1.009-76 «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения».

42.ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

43.ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности».

44.ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура

					Список используемых источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96



поражающих факторов и их параметров.

45.ГОСТ 12.1.013-78 «ССБТ. Строительство. Электробезопасность. Общие требования».

46.ГОСТ 12.1.046-85 «ССБТ. Строительство. Нормы освещения строительных площадок».

47.ГОСТ 12.0.003-74\* «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

48.ПБ 03-517-02 «Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов».

49.ППБ 01-93 «Правил пожарной безопасности в Российской Федерации».

					Список используемых источников	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		