

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 (бакалавриат) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и
продуктов переработки»
 Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м ³ »

УДК 622.692.23-025.71-034.14:004.925.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Ахметова М.Т.		01.06.2020

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чухарева Н. В.	к.х.н, доцент		01.06.2020

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		30.04.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М. С	Ассистент		07.05.2020

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н, доцент		01.06.2020

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями		
Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1,ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, УК-3,УК-4, УК-5,УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3,ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7,ПК-8,ПК-9, ПК-10, ПК-11).
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16,ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромыслового оборудования	Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК20, ПК-21, ПК-22).
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с),(ЕАС-4.2-e).
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»		
P9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9,ПК-14),требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
		<i>магистральных газопроводов".</i>
P10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
P11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>

Министерство 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 (бакалавриат) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

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

Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП ОНД ИШПР

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

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Б	Ахметовой МадинеТалгатовне

Тема работы:

«Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м ³ »	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 г. № 59-82/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2020г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Резервуар находится в Таймырском Долгано-Ненецком муниципальном районе, Красноярского края на территории Сузунского месторождения.

Технические характеристики РВС – 10000 м³
Количество поясов.....8 шт.
Общая высота11,9 м.
Диаметр резервуара.....34200 мм.
Толщина верхнего пояса.....11мм
Толщина нижнего пояса.....12мм
Удельный вес хранимого продукта860 кг/м³

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Оценить техническое состояние РВС методом трехмерного лазерного сканирования; при помощи геодезического обследования провести исследование изменения местоположения контрольных точек; рассмотреть методы математического моделирования, позволяющие определять и прогнозировать изменение напряженно-деформированного состояния объектов; определить опасные производственные факторы.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Т.Г., доцент
«Социальная ответственность»	Черемискина М.С., ассистент
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	17.12.2019
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чухарева Н.В.	к.х.н., доцент		17.12.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Ахметова МадинаТалгатовна		17.12.2019

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Б	Ахметовой МадинеТалгатовне

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	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	1. Литературные источники. 2. Методические указания по разработке раздела. 3. Нормативные справочники. 4. Налоговый кодекс РФ
2.Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н., доцент		31.01.2020

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Ахметова МадинаТалгатовна		31.01.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Б	Ахметовой МадинеТалгатовне

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Тема ВКР:

«Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м ³ »	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<u>Объект исследования:</u> резервуар вертикальный стальной 10000 м³ <u>Область применения:</u> предназначен для приёма, хранения, подготовки, учёта (количественного и качественного) и выдачи нефти и 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; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности • специальные правовые нормы трудового законодательства (на основе инструкции по охране труда при производстве инженерно-геологических изысканий); • организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны (организация санитарно-бытового обслуживания рабочих). Основные нормативные документы: 1.Трудовой кодекс №197-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.04.2014) 2.Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности ПБ 08- 624-03 3.Инструкции по технике безопасности предприятия 4.и др.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	2.1 При эксплуатации резервуара вертикального стального 10000 м ³ были выявлены следующие виды вредных и опасных факторов: • повышенная загазованность

	воздуха рабочей зоны; • оборудование, работающее под давлением; • пожарная и взрывная безопасность 2.2 При эксплуатации могут возникнуть следующие виды вредных факторов: • отклонение показателей микроклимата; • повышенный уровень шума и вибрации; • недостаточная освещенность; • повышенный уровень электромагнитных излучений.
3. Экологическая безопасность:	3. Экологическая безопасность • загрязнение выбросами при испарении нефти из резервуаров; • утечки в случае разлива нефти из резервуара; • загрязнение почвы нефтешламом, образующихся при
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях При хранении нефти и нефтепродуктов в резервуарном парке, чрезвычайные ситуации могут возникнуть в результате внезапного выхода паров углеводородов, разгерметизации оборудования приводящих к возникновению взрыва и развитию пожара или по причинам техногенного характера (аварии). Чрезвычайные ситуации в резервуарном парке могут возникнуть поразличным причинам, например: – паводковые наводнения; – лесные пожары; – по причинам техногенного характера (аварии) и др

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.04.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.			28.04.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Ахметова МадинаТалгатовна		28.04.2020

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 (бакалавриат) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

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

Уровень образования бакалавриат

Отделение нефтегазового дела

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи слушателем выполненной работы:	03.06.2020 г.
---	---------------

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2020	<i>Введение</i>	5
14.02.2020	<i>Обзор литературы</i>	15
18.02.2020	<i>Методы исследования напряженно-деформированного состояния резервуара</i>	8
20.02.2020	<i>Характеристика местоположения объекта исследования</i>	5
28.02.2020	<i>Методика 3D сканирования</i>	6
04.03.2020	<i>Расчёты и технологическая часть</i>	13
12.04.2020	<i>Расчёт НДС резервуара</i>	15
11.05.2020	<i>Финансовый менеджмент</i>	9
11.05.2020	<i>Социальная ответственность</i>	9
17.05.2020	<i>Заключение</i>	6
27.05.2020	<i>Презентация</i>	9
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чухарева Н.В.	к.х.н.		01.06.2020

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В	к.п.н, доцент		01.06.2020

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Нефтяной резервуар: Искусственно созданная ёмкость для хранения нефти и продуктов её переработки.

Осадка грунта: Понижение поверхности грунта в основании сооружения.

Авария: Разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Работоспособность резервуара: Состояние, при котором резервуар способен выполнять свои функции без отклонений от параметров, установленных требованиями технической документации. Для поддержания работоспособности резервуара необходимо выполнять в установленные сроки текущие и капитальные ремонты, а также осуществлять профилактику и раннюю диагностику дефектов.

Надежность: Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания.

Безотказность работы резервуара. Свойство резервуара и его элементов сохранять работоспособность без вынужденных перерывов в работе. Вероятность безотказной работы служит количественным показателем надежности (критерий прочности, устойчивости и выносливости).

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м3						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Ахметова М.Т.			Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Чухарева Н.В.								10	120
Консульт.								ТПУ гр. 2Б6Б			
Рук-ль ООП		Брусник О.В.									

Долговечность резервуара и его элементов: Свойство конструкции сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов. Показателем долговечности может служить ресурс или срок службы.

Воздействие деформационное (кинематическое): воздействие на резервуар в виде перемещения, например, неравномерная осадка опор, смещение точек присоединения к оборудованию и т.д., измеряется в миллиметрах, градусах и т.д.

Нагрузка: силовое воздействие, вызывающее изменение напряженно-деформированного состояния трубопровода.

Предел прочности (временное сопротивление): нормативное минимальное значение напряжения, при котором происходит разрушение материала при растяжении.

Предел текучести: нормативное минимальное значение напряжения, с которого начинается интенсивный рост пластических деформаций при растяжении материала.

Неразрушающий контроль: Методы контроля, при которых в некоторых случаях нет необходимости остановки рабочего процесса объекта контроля. Контроль производится непосредственно на объекте, при этом контролируемый объект сохраняет работоспособность без повреждения участка контроля.

Сокращения:

РВС—резервуар вертикальный стальной;

РВСП—резервуар вертикальный стальной со стационарной крышей и с понтонами;

РВСПК—резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей;

РП—резервуарный парк;

ОПО—опасный производственный объект;

НК—неразрушающий контроль;

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

НДС — напряженно-деформированное состояние;
 ПИН — площадка измерения напряжений;
 ПС — программные средства;
 УЗК — ультразвуковой контроль;
 КМ — рабочие чертежи металлических конструкций;
 КМД — детализовочные чертежи металлических конструкций;
 ППР — проект производства монтажно-сварочных работ;
 МКЭ — метод конечных элементов.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:
 ГОСТ Р 53324-2009. Ограждения резервуаров. Требования пожарной безопасности.

ГОСТ 24346-80 Вибрация. Термины и определения.

ГОСТ 25.504-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости.

ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация

ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

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

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

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

ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

ГОСТ 12.3.002–75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.007–76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ОСТ 26.260.758-2003. Конструкции металлические. Общие технические требования.

РД 51-100-85. Руководство по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на объектах транспорта и хранения газа.

РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04 Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 м³.

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

РД 03-606-03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.

СТО Газпром 2-2.3-328-2009 Методика оценки технического состояния и целостности газопроводов.

СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии.

СП 16.13330.2011. Свод правил. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*.

СП 20.13330.2011. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*.

СП 155.13130.2014 (СНиП 2.11.03-93). Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.

СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.

Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

Федеральный закон от 28.12.2013 №426 – ФЗ о специальной оценке условий труда.

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа xx страниц, xx рисунков, xx0 таблиц, xx источника цитируемой литературы.

Ключевые слова: резервуар, местоположение, грунт, деформация, внешние нагрузки, напряженно-деформированное состояние, моделирование, методы инженерного анализа, эксплуатация, безопасность.

Объектом исследования является: резервуар вертикальный стальной 10000 м³.

Цель работы: является определения степени отклонения геометрических параметров эксплуатируемого резервуара вертикального стального типа РВС-10000 м³ от установленного методом 3D-сканирования.

В процессе исследования были проведены: оценка технического состояния РВС методом трехмерного лазерного сканирования; при помощи геодезического обследования проведено исследование изменения местоположения контрольных точек; рассмотрены методы математического моделирования, позволяющие определять и прогнозировать изменение напряженно-деформированного состояния объектов; определены опасные производственные факторы.

В результате исследования: были рассмотрены правила эксплуатации резервуара; проанализированы проблемы, возникающие при эксплуатации РВС; проведены расчёты на определение геометрических параметров резервуара; введена оценка технического состояния РВС методом 3D-сканирования.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: выявление дефектных мест, технология и организация выполнения ремонтных работ, подготовительные

	работы,				Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м ³		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Реферат	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					15
Консульт.							120
Рук-ль ООП		Брусник О.В.				ТПУ гр. 2Б6Б	

монтаж резервуара, сварочно-монтажные работы резервуара, эксплуатационные работы.

Область применения: технология проведения оценки напряженно-деформированного состояния предназначена для продления срока службы резервуаров вертикальных стальных типа РВС 10000 м³, нефтегазовая промышленность.

ABSTRACT

Final qualifying work xx pages, xx figures, xx tables, xx sources.

Keywords: storage tanks, location, soil, deformation, external loadings, stressed-deformed state, model-based analysis, methods of engineering analysis, operation, safety.

The object of the research: vertical steel storage tank of 10000 cubic meters.

The purpose of the work is to make an assessment of an inclination rate of vertical steel storage tank of 10000 cubic meters by 3-D scanning.

In the course of the study, an assessment of technical condition of vertical steel storage tank of 10000 cubic meters by 3-D laser scanning was carried out; the analysis of change of control points location was made by special geodesic equipment; main methods of mathematic modeling, that allow to estimate and predict the change of objects' stressed-deformed states, were analyzed; hazardous production factors were defined.

As a result of the study, main exploitation rules were defined; main problems that appear during the exploitation were analyzed; calculations of geometrical parameters of storage tank were carried out; the assessment of technical state by 3-D scanning was performed.

Main constructive, technical and technical and operational characteristics: detection of flaws, technology and organization of repair operations, preoperating works, tank erection, welding works, operating works

Application area: the technology of an assessment of a stressed-deformed state is used to extend operating period of vertical steel storage tank of 10000 cubic meters; oil and gas industry.

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м3		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Abstract	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					17
Консульт.							120
Рук-ль ООП		Брусник О.В.				ТПУ гр. 2Б6Б	

Оглавление

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	10
Термины и определения.....	10
РЕФЕРАТ.....	15
ABSTRACT.....	17
Введение	20
1. Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	22
1.1 Виды резервуаров.....	23
1.2 Производство резервуаров.....	25
1.3 Инженерно-геологические условия монтажа резервуаров вертикальных стальных	27
1.4 Обслуживание резервуаров	28
1.5 Проблемы остаточного ресурса резервуаров вертикальных стальных	31
1.6 Анализ аварийности и причин аварий вертикальных стальных резервуаров.....	33
1.7 Методы исследования напряженно-деформированного состояния резервуара.....	38
2. Исследование резервуара вертикального стального типа РВС- 10000 м ³ методом 3D сканирования	51
2.1 Местоположение объекта исследования.....	51
2.2 Общая характеристика резервуара вертикального стального тип РВС 10000 м ³	55
2.3 Методика 3D сканирования	55
3. Расчеты и технологическая часть.....	59
3.1 Резервуар и его размеры	60
3.2 Расчёт стенки резервуара	61
3.3 Расчёт днища резервуара	63
3.4 Расчёт кровли резервуара	64

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м ³		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Оглавление	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					18
Консульт.							Листов
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					120
						ТПУ гр. 2Б6Б	

4. Расчёт НДС резервуара с использованием программы ANSYS	67
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	78
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	79
5.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	79
5.3 SWOT – анализ	81
5.4 Планирование научно-исследовательских работ	85
5.5 Определение ресурсоэффективности проекта	97
6. Социальная ответственность. Введение	101
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	101
6.2 Производственная безопасность	103
6.3 Экологическая безопасность	110
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	113
Заключение	116

Введение

Актуальность. Одними из наиболее опасных производственных объектов являются резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов. Большинство из которых эксплуатируются на производстве больше 20 лет. При наступлении техногенного события может быть нанесен ущерб не только эксплуатирующей организации, но и жизни и здоровью людей и экологии. Поэтому, своевременный мониторинг ОПО является важной составляющей успешной деятельности предприятия трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. Все работы, направленные на оценку остаточного ресурса определением изменения напряженно-деформированного состояния всех составляющих резервуаров, является актуальной задачей.

В связи с указанным выше, тема ВКР «Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м³» актуальна.

Целью выпускной квалификационной работы бакалавра является определения степени отклонения геометрических параметров эксплуатируемого резервуара вертикального стального типа РВС-10000 м³ от установленного методом 3D-сканирования.

Для реализации цели необходимо выполнить следующие **задачи**:

- литературный обзор современных методов и средств для оценки напряженно-деформированного состояния по теме ВКР;
- характеристика объекта исследования;
- оценка технического состояния РВС методом трехмерного лазерного сканирования; построение 3D модели резервуара и оценка изменения НДС при помощи ANSYS.

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м ³		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Введение	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					Листов
Консульт.							20
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					120
						ТПУ гр. 2Б6Б	

Объект исследования – технология оценки напряженно-деформированного состояния резервуара вертикального стального типа РВС- 10000 м³ для хранения нефти и нефтепродуктов.

Предмет исследования – Резервуар вертикальный стальной типа РВС-10000 м³.

1. Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы

Последние годы показали, что российский рынок нефтедобычи и нефтепереработки растет стремительными темпами, а количество продуктов переработки поставляемых, как на внутренний рынок, так и за рубеж, увеличивается с каждым годом. Увеличение объемов добычи и переработки нефти сопровождается производством нефтегазового оборудования для приема, хранения и транспортировки нефтепродуктов. В состав такого оборудования входят резервуары, которые используются в технологических системах для хранения продуктов переработки. На рисунке 1 показан резервуар вертикальный стальной.



Рисунок 1 – Резервуар вертикальный стальной

Резервуары – это наземное строительное сооружение, предназначенное для приема, хранения, измерения объема и выдачи нефти и нефтепродуктов. Впервые нефтяные резервуары появились в России в 17

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м ³		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					22
Консульт.							Листов
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					120
						ТПУ гр. 2Б6Б	

веке, т.к. добыча нефти в Баку увеличилась, они представляли собой земляные ямы (резервуары) в глиняном грунте. В 1935 г. впервые в России был сооружен сварной металлический резервуар объемом 1000 м³. На данный момент емкость резервуаров, построенных в России достигает 50000 м³, так же ведется работа по созданию резервуара 100000 м³.

Резервуары являются обязательными элементами структуры любого нефтеперерабатывающего завода или химического производства.

1.1 Виды резервуаров

В таблице 1 рассмотрены основные виды резервуаров и их особенности.

Таблица 1 – Виды резервуаров и их особенности

Тип	Назначение	Особенности
Резервуары РВС без понтона со стационарной крышей	Предназначены для приема, хранения, выдачи нефтепродуктов и воды, а также других жидкостей, в различных климатических условиях. РВС являются обязательными единицами любого нефтеперерабатывающего завода или химического производства.	Резервуары различаются материалами изготовления, способами размещения и назначением. По расположению выделяют на подземные, надземные, наполовину подземные ёмкости.
Резервуары РВСП с понтоном и со стационарной крышей	Резервуары, схожие по конструкции с резервуарами типа РВС, снабжены плавающим понтоном. Понтоны перемещаются по двум направляющим, трубам, одна из которых служит кожухом пробоотборника, снабжены уплотняющим затвором, тщательно заземлены, а другая одновременно используется для ручного отбора проб.	Выпускают резервуары с плоской, конической и сферической крышей. Вертикальные стальные резервуары производят с внутренним объёмом от 100 до 100000 м ³ , при необходимости их объединяют в РП.
Резервуары РВСПК с плавающей крышей	Является альтернативой резервуарам вертикальным стальным и резервуарам вертикальным стальным с понтоном. Допустимые объёмы резервуаров с плавающей крышей от 5000 м ³ и выше	Плавающие крыши РВСПК бывают двух основных типов: однодечная плавающая крыша и двудечная плавающая крыша. Однодечная плавающая крыша состоит из

Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов.

Обзор литературы

Лист

23

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

		герметичных кольцевых
--	--	-----------------------

Окончание таблицы 1

Резервуары РВСПК с плавающей крышей	коробов, расположенных по периметру крыши, и центральной однослойной мембраны, имеет организованный уклон к центру. Двудечная плавающая крыша может быть выполнена в двух вариантах: а) с радиальным расположением коробов - крыша состоит из коробов прямоугольной формы, располагаемых на плане крыши в радиальном направлении. Пространство между коробами заполняется на монтаже листовыми вставками по нижней и верхней декам, образуя монтажные отсеки. б) с кольцевым расположением отсеков - крыша состоит из нижней и верхней дек, соединяемых серией концентрических колец, образующих кольцевые отсеки. Наружный отсек разделяется радиальными переборками на кольцевые короба.
--	---

К основным несущим конструкциям РВС относятся: окрайка днища, стенка, включая все врезки патрубков и люков, каркас и опорное кольцо каркасной крыши, бескаркасная крыша, кольца жесткости, анкерное крепление стенки. К ограждающим конструкциям резервуара

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

относятся:настил стационарной крыши и центральная часть днища. На рисунке 2 показаны основные виды резервуаров.

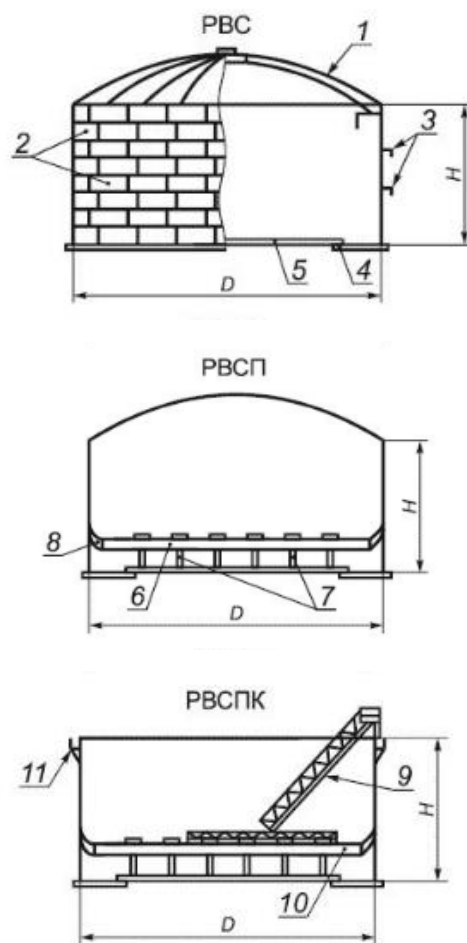


Рисунок 2 – Виды резервуаров [11].

1 - каркас крыши; 2 - пояса стенки; 3 - промежуточные кольца жесткости; 4 - кольцо окрайк; 5 - центральная часть днища; 6 - понтон; 7 - опорные стойки; 8 - уплотняющий затвор; 9 - катуная лестница; 10 - плавающая крыша; 11 - верхнее кольцо жесткости (площадка обслуживания)

1.2 Производство резервуаров

РВС производятся из малоуглеродистых, нержавеющих, низколегированных сталей. Технологии сборки: рулонированная, полистовая или комбинированный метод. Нормативные значения характеристик сталей принимают по соответствующим стандартам и ТУ на металлопрокат. При изготовлении конструкций резервуаров должны соблюдаться требования, изложенные в ТУ предприятия-изготовителя,

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

утвержденных технологических операционных картах, а также в проектной документации. Конструкции должны изготавливаться по рабочим чертежам, разработанным на основании проекта КМ с учетом особенностей технологического производственного процесса изготовления [11].

Вертикальные стальные резервуары для нефти и нефтепродуктов изготавливаются в соответствии с действующими техническими нормами и правилами безопасности, в том числе пожарной, химической и экологической. Основные требования к производству вертикальных резервуаров приведены в ПБ 03-605-03 [10] и ГОСТ 31385-2008 [11].

Конструктивно РВС представляют собой цилиндрическую емкость, которая оснащена всей необходимой арматурой, автоматикой и средствами контроля. Широкое распространение этот вид резервуарной продукции получил в сфере стационарного хранения нефти, светлых нефтепродуктов и жидкой химии, в частности, агрессивных сред – кислот и щелочей.

Наиболее востребованные методы производства резервуаров – это рулонная и листовая технологии. Первый считается индустриальным, так как позволяет существенно сократить себестоимость и время изготовления изделия. Второй применяется в производстве специальной резервуарной продукции, в частности, работающей под давлением. Рулонная технология предполагает автоматическую сварку и монтаж резервуара непосредственно на технологической площадке, реже – на территории предприятия-изготовителя с последующей доставкой и установкой. При листовом методе проводится механическая обработка сварных кромок – применяются фаски с параметрами под сварку.

Монтаж конструкций резервуаров должен осуществляться в соответствии с проектами КМ, ППР, ГОСТ 31385-2008 [11]. Проект производства монтажно-сварочных работ является основным технологическим документом при монтаже резервуара. На резервуарах должны монтироваться следующее оборудование и системы:

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- приемо-раздаточные устройства с внутренней стороны резервуара;
- устройства для размыва донных отложений;
- кран сифонный, водоспуск;
- замерный люк, световой, смотровой, люк-лаз, монтажный;
- дыхательные и предохранительные клапаны со встроенными огнепреградителями для РВС;
- вентиляционные патрубки для РВСП;
- оборудование системы управления резервуарным парком, включающее приборы контроля, сигнализации и защиты резервуара;
- трубопроводы и генераторы систем пожаротушения;
- трубопроводы системы охлаждения резервуара;
- система защиты резервуара от коррозии;
- система молниезащиты, защиты от статического электричества и заземления.

1.3 Инженерно-геологические условия монтажа резервуаров вертикальных стальных

Рекомендуется, что перечень исходных данных для проектирования основания и фундамента под резервуар входят данные инженерно-геологических изысканий. Материалы инженерно-геологических изысканий площадки строительства содержат следующие сведения о грунтах и грунтовых водах:

- литологические колонки;
- физико-механические характеристики грунтов (плотность грунтов ρ , удельное сцепление грунтов c , угол внутреннего трения ϕ , модуль деформации E , коэффициент пористости e , показатель текучести IL и др.);

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- расчетный уровень грунтовых вод с учетом прогноза изменения гидрогеологического режима грунтовых вод на период срока службы резервуаров без учета их объемов.

В районах распространения многолетнемерзлых грунтов проводятся изыскания с целью получения сведений о составе, состоянии и свойствах мерзлых и оттаивающих грунтов, криогенных процессов и образованиях, включая прогнозы изменения инженерно-геокриологических условий проектируемых резервуаров с геологической средой.

По совокупности свойств инженерно-геологические условия площадки для строительства резервуаров подразделяются на благоприятные, неблагоприятные и весьма неблагоприятные.

Таблица 2 – Условия для устройства оснований и фундаментов резервуаров

Неблагоприятные условия	Весьма неблагоприятные	Благоприятные условия
Грунты с модулем деформации $E < 10$ МПа; просадочные и набухающие; вечномёрзлые грунты с льдистостью $< 0,40$; районы с сейсмичностью 7 баллов и более; грунты с отклонением слоев от горизонтали более 7 градусов.	Грунты плавунного типа; подрабатываемые территории; просадочные грунты мощностью более 25 метров; вечномёрзлые грунты с льдистостью $> 0,40$; зоны тектонических разломов; участки распространения оползневых, карстовых, мерзлотных и др. опасных геологических процессов.	В благоприятных инженерно-геологических условиях под фундаменты резервуаров делают выработки, согласно п. 8.4 СП 11-105-97 [12]. Для резервуаров вместимостью свыше 5000 м ³ необходимо сделать не менее 5 выработок, с расположением одной выработки в центре, а остальные - должны быть равномерно распределены по периметру основания, на расстоянии не более 2 м от предполагаемого положения стенки резервуара. Скважины проходятся на глубину не менее 0,5 диаметра резервуара, а в центре - не менее 0,75 диаметра, но не менее 30 м. Для резервуаров вместимостью более 5000 м ³ необходимо выполнять полевые испытания грунтов - штамп.

1.4 Обслуживание резервуаров

Для каждого резервуара, находящегося в эксплуатации, должны быть следующие документы:

- а) технический паспорт резервуара;
- б) технический паспорт на плавающую крышу;

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- в) градуировочная таблица резервуара;
- г) технологическая карта резервуара и схема технологических трубопроводов;
- д) журнал текущего обслуживания;
- е) журнал эксплуатации молниезащиты, защиты от проявления статического электричества;
- ж) схема молниезащиты и защиты резервуара от проявлений статического электричества.

Допустим, что на производстве эксплуатируется резервуар, у которого отсутствует техническая документация строительства, то в данном случае паспорт составляет предприятие, эксплуатирующее резервуар.

Паспорт должен быть составлен на основании детальной технической инвентаризации всех частей и конструкций резервуара.

Техническое обслуживание каждого резервуара должно выполняться в соответствии с картами технического обслуживания (таблица 3) и составлением необходимой ремонтной документации.

При осмотре РВС необходимо обратить внимание на:

- утечку нефти;
- образование трещин по сварным швам и основному металлу;
- появление вмятин;
- неравномерную осадку резервуара.

Таблица 3 – Карта технического обслуживания резервуаров [24]

Наименование объекта	Сроки проведения работ	Перечень работ
Резервуар в целом	Ежедневно в светлое время суток	Проверить визуально внешнее состояние. Обратить внимание на сварные вертикальные и горизонтальные швы нижних поясов, окрайки днища
Дыхательный клапан	Не реже: 2 раз в месяц в весенне-летний период; 1 раза в неделю в осенне-зимний период	Седла тарелок очистить от окиси металла, грязи и пр., что препятствует клапанам свободно перемещаться вверх и вниз. Тарелки клапанов несколько раз повернуть, прижимая их к седлу. Не допускать заедания, примерзания клапанов, обмерзания предохранительных сеток, закрывающих

		наружные отверстия дыхательных клапанов
Огневой предохранитель на резервуаре	Не реже 1 раза в месяц в весенне-летний период	Снять крышку огневого предохранителя, проверить исправность и чистоту пакетов, удалить с них пыль, проверить плотность крышки и фланцевых соединений, правильность расположения пластин или

Окончание таблицы 3

		гофрированной и плоской металлических лент в пакете
Предохранительный клапан	Не реже: 2 раз в месяц в весенне-летний период; 1 раза в 10 дней в осенне-зимний период	Проверить качество и паспортный уровень масла, горизонтальность колпака, чистоту сетчатой перегородки. При снижении уровня жидкости в гидрозатворе долить жидкость той же марки. При обнаружении удалить с внутренней поверхности колпака снег, лед, иней
Люки: световой, люк-лаз	Не реже 1 раза в месяц	Проверить визуально наличие прокладок и затяжку болтов фланцевых соединений
Уровнемер	Каждый раз перед использованием, но не реже 1 раза в месяц	Проводить контрольную проверку правильности показаний прибора в соответствии с инструкцией завода-изготовителя
Перепускное устройство	Не реже 2 раз в месяц	Проверить плавность открытия-закрытия вентиля
Перепускное устройство	Не реже 2 раз в месяц	Проверить плавность открытия-закрытия вентиля
Сифонный кран	Не реже 2 раз в месяц	Проверить отсутствие течи в сальниках крана, поворот крана должен быть плавным, без заеданий; в нерабочем состоянии приемный отвод должен находиться в горизонтальном положении
Приемо-раздаточные патрубки	Каждый раз при приеме-отпуске, но не реже 2 раз в месяц	Проверить герметичность сварных швов
Лестница шахтная	Перед использованием, но не реже 1 раза в месяц	Следить за исправностью, не допускать загромождения посторонними предметами, не допускать присутствия наледи в осенне-зимний период
Основание и фундамент	В первые 4 года эксплуатации - 1 раз в год;	Основание и фундамент
Система размыва донных отложений	В соответствии с инструкцией по ее эксплуатации	Контрольный пуск с целью проверки целостности и пропускной способности системы
Понтон стальной с открытыми отсеками (для РВСП)	2 раза в год	Проверить наличие нефти на поверхности понтона
Плавающая крыша;	Ежедневно, в	Проверить наличие отпотин или нефти

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					Обзор литературы	30

Центральная часть (для РВСПК)	светлое время	
----------------------------------	---------------	--

1.5 Проблемы остаточного ресурса резервуаров вертикальных стальных

Остаточный ресурс - суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние.

Диагностика резервуара заключается в выполнении комплекса мероприятий по техническому обследованию, дефектоскопии и обработке полученной информации, составлению заключения о техническом состоянии резервуара и выдаче рекомендаций по дальнейшему его использованию. Для этого инструкция содержит методы общего технического диагностирования, выявления измерения различных дефектов, а также параметров концентрации напряжений в металле с применением неразрушающих методов контроля. Она включает также методы измерения (расчета) параметров, характеризующих степень старения металла, усталостные трещины и коррозионные повреждения.

Для полноты информации диагностика должна включать расчеты остаточного ресурса резервуара по коррозионному износу, малоцикловой усталости и трещиностойкости. При малоцикловом нагружении в стали нагруженных элементов резервуара (стенка, окрайка, днище) сначала возникают усталостные повреждения, которые постепенно развиваются до образования трещин. В связи с этим расчет на малоцикловую усталость резервуаров выполняют в две стадии; накопление усталостных повреждений и развития трещин до критического размера, при достижении которого начинается лавинообразное раскрытие трещины.

Вертикальные стальные резервуары работают в условиях статического и малоциклового нагружения. Поэтому при их диагностировании необходим расчет остаточного ресурса как при статическом нагружении с учетом коррозии металла, так и при малоцикловом нагружении.

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Остаточный ресурс стенки резервуара при малоцикловом нагружении можно определить на основе механики малоциклового разрушения.

Продление срока эксплуатации резервуаров для хранения нефтепродуктов в нефтебазах имеет как положительную, так и отрицательные моменты, касаясь экономической целесообразности и по прочностным показателям, в конечном итоге существенно влияет на надежность резервуаров. Рассматривая недостатки продления сроков эксплуатации резервуаров выделяются следующие важные аспекты:

1. Естественное старение материалов, из которых изготовлены резервуары, то есть при длительной эксплуатации в агрессивных средах как нефтепродукты, происходит изменение свойств материала (например, сталей) в сторону повышения прочности и понижения пластичности. Как следствие, существенно снижается холодостойкость материала, что прежде всего существенно повышает риск числа аварий либо отказов резервуаров на нефтебазах.

2. Проблема раннего определения частичной или полной потери работоспособности резервуара, при длительной эксплуатации, ограничиваемая рядом факторов таких как: Отсутствие научно обоснованных подходов, реализованных на практике в производственных масштабах в области технического диагностирования. Определение остаточного ресурса резервуаров ограничивается показателями существующих методов диагностирования, которые в свою очередь ограничиваются технико-нормативными документами.

3. Отсутствие конкретных нормативных документов по диагностированию ориентированных на технический контроль резервуаров выработавших срок эксплуатации. Расчеты на прочность для длительно эксплуатируемых резервуаров ограничиваются геометрическими параметрами обнаруженных дефектов и не учитывают развитие зарождающихся плоскостных дефектов.

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.6 Анализ аварийности и причин аварий вертикальных стальных резервуаров

На сегодняшний день стальные вертикальные резервуары являются одними из наиболее опасных промышленных объектов. Это связано с рядом причин:

- высокая пожаровзрывоопасность хранимых продуктов;
- большая протяженность сварных швов конструкции, которую достаточно трудно и трудоемко полностью проконтролировать;
- несовершенства геометрической формы, возникающие еще на стадии гидроиспытаний резервуаров;
- значительные перемещения стенки резервуара как в процессе эксплуатации, так и в процессе выполнения технологических операций;
- высокая скорость коррозии элементов конструкции;
- малоцикловая усталость отдельных зон конструкции;
- сложный характер нагружения конструкции в зоне уторного шва.

По данным авторов исследований Землянского А.А.[9] и Тарасенко А.А. [3] из 213 резервуаров, которые они рассматривали было выделено несколько генеральных направлений доминирующих причин разрушения РВС, если не учитывать активную коррозию металла РВС.

В результате общее количество наиболее активных причин разрушения РВС было уменьшено до шести, а наиболее весомой причиной в выделенном спектре является большая неравномерная осадка исследуемого грунтового основания под РВС (таблица 4).

Одним из наиболее полных исследований разрушения РВС в настоящее время является монография И.М. Розенштейна [1], основанная на многолетнем опыте выполнения экспертиз ЦНИИПСК. Обобщенный взгляд автора на проблему аварийности представлен в таблице 5.

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4 – Основные причины аварий РВС

№	Наименование	Число аварий, шт	Процент от общего числа аварий, %
1	Неравномерные осадки грунтового основания	99	46,5
2.	Наличие концентраторов напряжений в несущих и ограждающих конструкциях РВС из-за несовершенства конструкции резервуаров и технологий монтажа	45	21,1
3.	Наличие низкочастотной вибрации и неравномерного нагружения плавающих крыш (например, снеговой нагрузкой, приводящей к обрушению крыш с последующим их разрушением и затоплением)	38	17,9
4.	Наличие дефектов в материале и конструкции РВС из-за несоответствия используемого материала сертификационным требованиям	19	8,9
5.	Нарушение технологии изготовления и возведения РВС	10	4,7
6.	Грубые ошибки в аналитических расчетах и проектировании РВС, особенно попредельному состоянию	2	0,9
ВСЕГО		213	100,0

Таблица 5 - Причины разрушения РВС по И.М. Розенштейну[1]

Прямые	Косвенные
Хрупкие трещины	Неудачные проектные решения
Вязкие трещины	Низкое качество работ
Пересортица проката	Неорганизованность работ
Дефекты сварных швов	Низкое качество материалов
Неравномерные осадки	Нарушение технологии монтажа
	Некачественный контроль

В настоящее время информации об аварийных случаях, связанных с

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

эксплуатирующими резервуарами сравнительно немного, поскольку до недавнего времени эта информация считалась конфиденциальной, а так же связано с нежеланием компаний, как у нас в стране, так и за рубежом, распространять негативную информацию о истинных причинах разрушения резервуаров, о масштабе причинённого ущерба, экологических ущербах аварии, и нередко предоставляют недостоверные сведения или вовсе фальсифицируют результаты экспертиз. Аварии РВС, сопровождающиеся значительными потерями н/продуктов, и могут привести к отравлению местности и гибели людей.

Основными причинами аварий могут явиться:

- 1) местные просадки основания;
- 2) воздействие низких температур окружающего воздуха;
- 3) искажение формы оболочки из-за низкого качества ее монтажа или некачественно выполненного фундамента;
- 4) дефекты сварных соединений;
- 5) вибрационное воздействие насосов при перекачивании жидкости;
- 6) неравномерное оседание основания;
- 7) размыв несущего слоя основания жидкостью при повреждении днища коррозией.

На рисунках 3,4,5,6 показаны питтинговые дефекты днища, расположенные со стороны гидрофобного слоя, коррозионные дефекты, вызванные воздействием подтоварной воды, а так же дефекты сварных соединений и вблизи уторного шва [22].



					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рисунок 3 - Питтинговые дефекты днища резервуара



Рисунок 4 - Коррозионные дефекты, вызванные воздействием подтоварной воды



Рисунок 5 - Дефекты сварных соединений и вблизи уторного шва



Рисунок 6 - Дефекты сварных соединений и вблизи уторного шва

Чрезвычайные ситуации часто вызваны осаждением оснований вертикальных стальных резервуаров. Они достигают наибольшего значения у стенок, и наименьшего в центре. Это говорит о том, что осаждение происходит неравномерно. В этом случае появляются растягивающие напряжения в днище, возникают изменения формы цилиндрической оболочки. В дополнение к этому, процесс сопровождается образованием вмятин, а в некоторых случаях могут появиться трещины в днище. Равномерная осадка не гарантирует отсутствия разрушения близ лежащих

коммуникаций. В местах соединения они также могут быть разрушены. Разрушение резервуара обычно начинается с появления трещин в корпусе, что приводит к аварийному загрязнению среды нефтью. Интенсивность разрушения зависит от различных условий.

Как правило, сразу после гидростатического испытания между центральной частью и стенкой возникает неравномерная осадка, которая обусловлена из-за разницы гидростатического и почвенного давления на стенки грунта. Давление в средней части не более 0. 1-0 2 МПа, давление на стенки составляет 0. 9 до 1. 5 МПа.

Деформация грунта происходит за счет неизбежного накопления основания резервуара, так как грунт уплотняется под нагрузкой, вызванной 25 массой конструкции РВС и хранящейся в ней жидкостью. А все потому, что по периметру грунта неизбежны осадки и локальные просадки, а уплотнить почву в такой же степени искусственными основаниями невозможно.

Поскольку вышеупомянутые отложения блока РВС имеют дополнительную деформацию, особенно это касается нижней стенки и нижней кромки соединения, что приводит к дополнительным напряжениям. Неравномерная осадка, которая привела к появлению напряжений, может спровоцировать возникновение разрушений пластин и уничтожению сопрягающих узлов.

За последние 30 лет в 38 случаях из 43 причиной разрушения является неравномерная осадка.

Таким образом, приходим к выводу, что проводить оценку напряженно-деформированного состояния нужно под нагрузкой и с учетом его действительной пространственной положения и геометрической формы, для того чтобы определить техническое состояние резервуара и провести ремонтные работы.

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Обзор литературы	37

1.7 Методы исследования напряженно-деформированного состояния резервуара

Вертикальные стальные резервуары для хранения нефтепродуктов, эксплуатирующихся на нефтебазах, согласно статьи 2. п. 1 Федерального закона от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" относятся к опасными производственными объектам и в соответствии со статьей 13 того же закона подлежат к экспертизе промышленной безопасности. Безопасность резервуаров определяется специализированной экспертной организацией имеющая соответствующие лицензии, одним из основных этапов определения которого является проведение неразрушающего контроля. Исходя из анализа камеральных работ обследование резервуара включает частичное или полное обследование. Частичное обследование проводится без остановки рабочего процесса резервуара, то есть осмотру подвергается только доступная дефектоскопистам часть. Полное обследование резервуара проводится после получения наряда-допуска на огневые работы, включающие подготовительные работы как: полное освобождение от продукта хранения, зачистка и дегазация не более определенного уровня предельно допустимой концентрации паров нефтепродуктов.

Таким образом, при полном техническом обследовании достигается более достоверная оценка технического состояния, чем при частичном. В количественном показателе это отражается в объеме обнаруженных допустимых и недопустимых дефектов.

Технический контроль на опасных производственных объектах (ОПО), в данном случае резервуаров для хранения нефтепродуктов, разделяется на 3 группы: разрушающий контроль, повреждающий контроль и неразрушающий контроль (НК).

Разрушающий контроль – методы контроля, при котором требуются отбор образцов обычно вырезкой из материала объекта контроля и образец подвергается различным анализам в специализированных стационарных

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

лабораториях. Объект контроля во время проведения анализа остается неработоспособным до восстановления участков отбора образцов.

Повреждающий контроль – методы контроля, при котором анализ производится непосредственно на объекте, но в местах контроля остаются не препятствующие безопасной эксплуатации следы, которые можно не устранять. К этим методам можно отнести: твердометрия – измерение твердости поверхности материала, при использовании динамического твердомера на поверхности материала образуется неглубокая выемка от удара наконечника датчика; стилоскопирование – оценка марки стали по составу оптического спектра вольтовой дуги, создаваемой между электродом прибора (стилоскопа) и поверхностью объекта, при этом, на месте контроля остается прижег.

Неразрушающий контроль – методы контроля, при которым в некоторых случаях нет необходимости остановки рабочего процесса объекта контроля. Контроль производится непосредственно на объекте, при этом контролируемый объект сохраняет работоспособность без повреждения участка контроля.

На основании ГОСТ Р 56542-2015 [13] классификация неразрушающих именно физических методов контроля подразделяется на девять видов контроля, так называемые классы видов неразрушающего контроля представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Классификация видов НК

Вид контроля	Категория вида контроля	Требования к материалу объекта
Оптический	Для оптически прозрачных материалов – объемный, для непрозрачных – поверхностный	Любой твердый или жидкий
Проникающими веществами	Поверхностный	Любой твердый
Магнитный	Поверхностный	Ферромагнитные металлы

Окончание таблицы 6

Электромагнитный	Поверхностный	Любые металлы
Электрический	Поверхностный	-
Радиоволновой	Объемный	Любые неметаллы
Радиационный	Объемный	Любой твердый
Акустический	Объемный	Любой твердый или жидкий
Тепловой	Объемный	

Основные методы акустического неразрушающего контроля. Методы акустического контроля (АК) делят на две большие группы: активные, использующие излучение и прием акустических колебаний и волн, и пассивные, основанные только на возникновении в объекте контроля бегущих и стоячих волн (или колебаний), объекта в целом или его части. На рисунке 7 приведена классификация большинства методов АК.

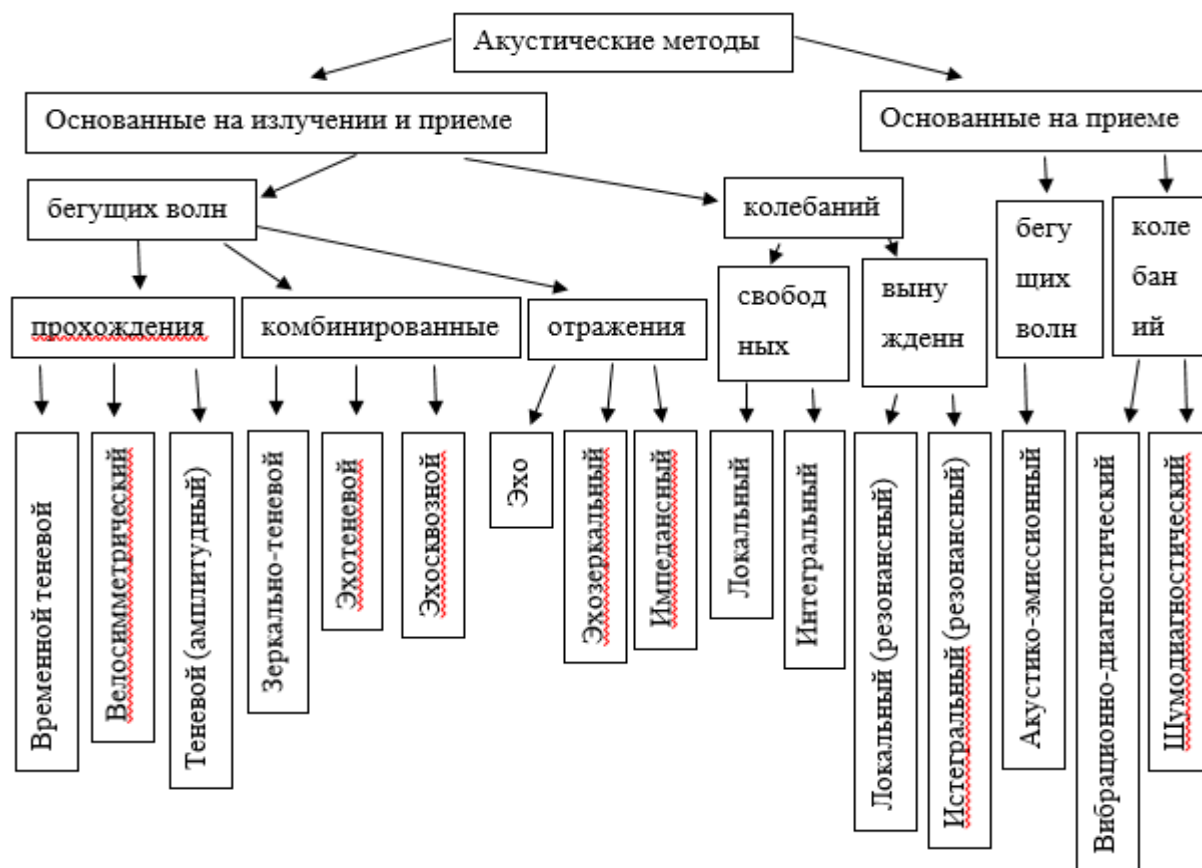


Рисунок 7 - Классификация акустических методов контроля [21]

Так же существуют две отдельные группы методов НК: активные и пассивные, которые представлены в таблице 7. При пассивном методе НК выявление дефектов происходит без постороннего воздействия на контролируемый материал и без предварительной подготовки контролируемого участка, что влияет на скорость проведения контроля – значительно выше по сравнению с активными методами НК.

Таблица 7– Группы методов неразрушающего контроля

Пассивные	Активные
Используется информация заложенная внутри металла, по показаниям собственной энергии металла	Внешнее физическое воздействие, получение информации по результатам воздействия на материал
Тепловой контроль, акустико-эмиссионный, методы магнитной памяти металла	Рентгенографический, ультразвуковой, капиллярный, магнитопорошковый и т.п.

Обязательным требованием для обеспечения надёжности резервуаров является раннее обнаружение дефектов, при этом основным инструментом становится применение неразрушающих методов контроля. При проведении диагностирования резервуаров широкое распространение получили следующие методы НК: визуальный и измерительный, рентгенографический, ультразвуковой, капиллярный, магнитопорошковый и акустико-эмиссионный. В таблице 8 рассмотрим более подробно данные методы.

Таблица 8. Методы неразрушающего контроля резервуаров

Метод неразрушающего контроля	Нормативный документ	Суть метода
Рентгенографический контроль сварных соединений	Контроль сварных соединений методом гаммарентгенографии производится в соответствии с требованиями ГОСТ 7512-82 [13]. По рентгено- или гамма-снимку определяют характер дефекта, его размеры по длине,	Перед просвечиванием сварные швы подвергаются внешнему осмотру. В случае обнаружения подрезов, пор, незаверенных кратеров, они до просвечивания должны быть устранены. При обнаружении трещин границы их должны быть определены просвечиванием или любым другим методом: засперлопкой, травлением, применением ультразвуковой дефектоскопии, цветной дефектоскопии. Длина и ширина дефекта но

	глубине и ширине, их количество. Однако при	рентгеноснимку определяется измерением. Глубину дефектов по сечению нша ориент
--	---	--

Продолжение таблицы 8

	рентгено- или гаммаграфическом методе микроскопические трещины могут быть не выявлены	ировочно определяют при помощи эталона чувствительности, сравнивая затемнение на снимке с затемнением соответствующей канавки эталона чувствительности. По результатам просвечивания делается заключение. В заключении указывают условное обозначение шва, чувствительность снимка в процентах, длину контролируемого участка шва, вид и характер дефектов, их количество, глубину и протяженность дефекта. При наличии однотипных дефектов разного размера в заключении указывают преобладающий размер. К заключению прилагается эскиз резервуара с нанесенной на нем схемой расположения кассет.
Ультразвуковой контроль сварных соединений	Методика разработана с учетом рекомендаций и требований ГОСТ 14782-86 [14].	Ультразвуковой контроль применяют для выявления внутренних и поверхностных дефектов в сварных швах и околошовной зоне без расшифровки характера дефектов по типам (например, шлаковые включения, непровары, трещины и т.п.). Здесь определяется условная протяженность, глубина и координаты дефекта. Ультразвуковая дефектоскопия производится только при положительной температуре воздуха от +5 до 55°C. Ультразвуковой контроль проводят после устранения дефектов, обнаруженных при внешнем осмотре, в объеме, предусмотренном в СНиП 03.03.01-87, а для экспериментальных резервуаров в объеме, предусмотренном их проектом. В случае необходимости определения границ дефектных участков объем контроля увеличивается.
Выявление дефектов и определение концентрации напряжений		Метод инфракрасной спектроскопии предназначен для выявления и измерения концентраторов напряжения, остаточных напряжений в металлоконструкциях резервуаров путем регистрации

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

методом		тепловизором температурного поля металлоконструкции по
---------	--	--

Окончание таблицы 8

инфракрасной спектроскопии		электромагнитному излучению, возникающему при упругопластическом деформировании металлоконструкции нагрузочными тестами. Для регистрации и измерения температурного поля конструкции применяют быстродействующие тепловизионные камеры с температурным разрешением не более от 0,1 до 0,2°C
Зондирование основания резервуара		Сущность метода заключается в зондировании грунта под днищем резервуара с целью выявления факта наличия и места нахождения утечек нефтепродуктов по месту диэлектрических аномалий. Аномалия с повышенной, по сравнению с фоновыми значениями, удельной проводимостью или диэлектрической проницаемостью относят к скоплению ржавчины или скоплений воды в месте нахождения хлопуна. Аномалии с пониженной проводимостью или меньшей величиной диэлектрической проницаемости относят к скоплению нефти и нефтепродуктов в грунте подушки резервуара. Метод позволяет обнаружить зоны утечки нефтепродуктов через днище, повышенного коррозионного износа днища при высоком уровне грунтовых вод, а также идентифицировать вид дефекта: отпотина, утечка, повышенная коррозия и хлопун днища
Исследование механических свойств, химического состава и структуры стали		Исследование механических свойств, химического состава, а также структуры металла выполняется в случае необходимости для установления их соответствия требованиям проекта или с целью выяснения изменения их под влиянием эксплуатационных факторов и времени.

Проблемами напряженно-деформированного состояния резервуаров

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Обзор литературы	43

посвящены многие работы. Например, в исследовании Хоперского Г.Г. [2] анализируются причины ремонтов резервуаров, делается обзор методов расчета НДС резервуара, НДС резервуара при осесимметричной и неосесимметричной деформации. В работах Тарасенко А.А. [3] рассматриваются основные методы ремонта вертикальных стальных резервуаров, состояния крупногабаритных резервуаров при ремонтных работах. Тарасенко А.А. [3] занимается разработкой основных методов ремонта РВС. Малин А.Д. [4] в своей работе рассказывает об обеспечении надежности резервуаров в эксплуатации. Сметанников О.О. [6] пишет о методике бесконтактного диагностирования вмятин на РВС. Буренин А.А. [5] в своей статье поднял вопрос о планировании сроков обследований резервуаров. В таблице 9 представлены недостатки методов исследований резервуаров.

Таблица 9 - Особенности методов оценки резервуаров

Автор	Метод	Сущность метода	Недостатки
Слепнев И.В.[6]	Метод конечных элементов	В работе есть неточности при решении уравнений, которые описывают неравномерную осадку	Данная методика не применима для определения напряженно деформированного состояния резервуара с учетом пространственного положения
Тарасенко А.А. [3]	Метод подъема резервуара	Метод подъема резервуара для изменения пространственного положения при неравномерной осадке по контуру днища	Методика не может применяться для расчета напряженно деформированного состояния, т.к. для реализации потребуются значительные материальные затраты, расчеты проводились по упрощенным уравнениям

Хоперский Г.Г.[2]	Метод оценки НДС резервуара и его конструктивных элементов при равномерной и неравномерной осадке РВС	Автор рассматривает влияние коэффициента постели грунта на НДС РВС	Разработанная методика не позволяет применить ее для определения НДС резервуаров под действием нагрузок. В работе рассматривается случай деформирования резервуара в вертикальной
----------------------	---	--	---

Окончание таблицы 9

			плоскости, а не неравномерные деформации
Галеев В.Б.[7]	Метод разложения осадок	Метод основан на разложении осадок на составляющие в виде тригонометрических рядов различных порядков	Рассматриваем метод не может быть применен к реальным резервуарам, т.к. в работе не были учтены реальные условия работы резервуара
Стулов Т.Т. [8]	Учет неравномерной осадки основания при оценке НДС резервуара	В работе используются математические вычисления	В вычислениях очень много упрощений
Сметанникова О.Ю. [6]	Метод исследования отдельных дефектов резервуаров и окрайки днища	Исследование выполнялось с помощью сравнения результатов расчета и было реализовано в программном комплексе ANSYS	В методике для упрощения математической модели принимались некоторые допущения

Программные продукты инженерного анализа

Для решения такой сложной задачи специалисты трубопроводного транспорта углеводородов и ученые используют специализированные пакеты численного моделирования. Такие пакеты обладают развитыми средствами инженерного анализа. Например, САЕ-системы инженерного

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

анализа (ABAQUS, ANSYS, COSMOS, I-DEAS, NASTRAN, и другие) позволяют не только выполнить качественное моделирование систем различной физической природы, но и исследовать отклик этих систем на внешние воздействия в виде распределения напряжений, температур, скоростей, электромагнитных полей и т.д.

К исследуемым объектам применяют аппарат прочностного математического моделирования, на основе которого формулируются расчетные критерии и выполняются оценки надежности и ресурса, что в результате дает возможность создать нормативные материалы, методические рекомендации и средства повышения механической надежности. Использование таких программ помогает проектным организациям сократить цикл разработки, снизить стоимость изделий и повысить качество продукции, проверив несколько допустимых вариантов компоновки.

К наиболее распространенным лицензированным продуктам инженерного анализа относят SolidWorks, который является программным комплексом САПР для построения трехмерных моделей согласно ТУ и ГОСТ, с учетом износа и возможных дефектов. Статический анализ в SolidWorks основан на следующих допущениях (рисунок 8)[21].

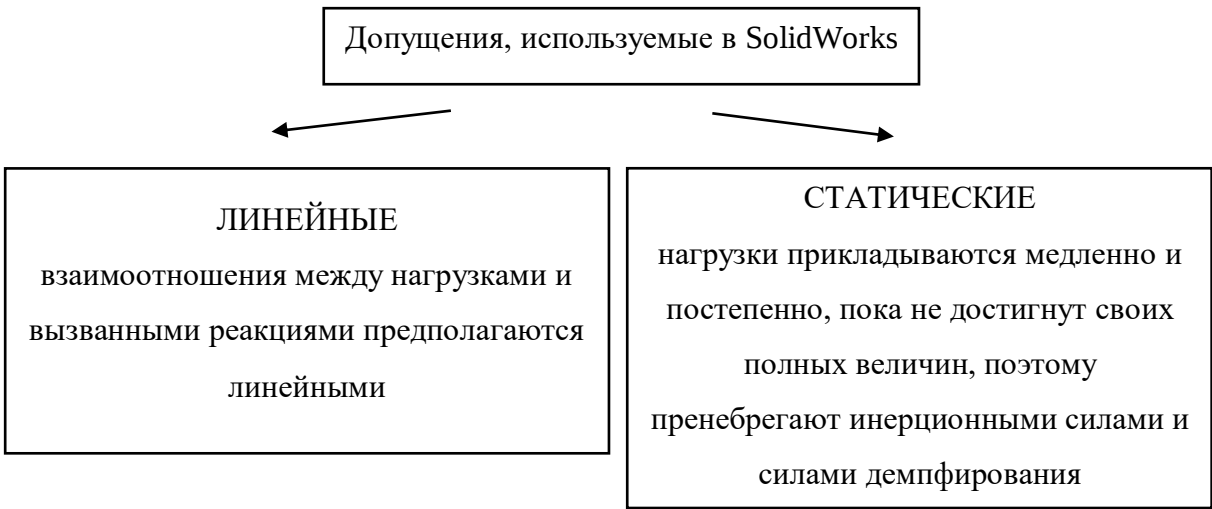


Рисунок 8 – Схема допущений для статического анализа в SolidWorks

В настоящее время часто применяемым в решении

исследовательских задач является программный продукт Ansys. Программа ANSYS – это гибкое, надежное средство проектирования и анализа. Она работает в среде операционных систем самых распространенных компьютеров, особенностью программы является файловая совместимость всех членов семейства ANSYS для всех используемых платформ.

AnsysMechanical – программная среда для оценки напряженно-деформированного состояния трубопроводов методом конечных элементов и модуль AnsysFatigueTool – для оценки усталостной долговечности.

Программный комплекс Ansys

Многоцелевая направленность программы (т.е. реализация в ней средств для описания отклика системы на воздействия различной физической природы) позволяет использовать одну и ту же модель для решения таких связанных задач, как прочность, долговечность, оценку ресурса конструкции. Это обеспечивает всем пользователям удобные возможности для решения широкого круга инженерных задач. При этом в основе изучения поведения материалов лежат численные методы конечных элементов (МКЭ) [20].

Методы конечных элементов

В основе метода конечных элементов лежит представление континуального твердого тела с бесконечным числом степеней свободы в виде ряда конечных элементов, соединенных между собой в узловых точках. Силовые взаимодействия между конечными элементами передаются через узлы, перемещения которых являются неизвестными. Число степеней свободы одного элемента определяется числом узловых перемещений. Перемещения внутри элемента описываются функцией координат:

$$\{u\}=[F]\{\alpha\}, \quad (1)$$

Где $\{u\}$ – вектор узловых перемещений;

$[F]$ - координатная матрица;

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Обзор литературы	47

$\{\alpha\}$ – вектор неизвестных коэффициентов

В дальнейшем все соотношения метода конечных элементов выражаются через узловые перемещения, которые и являются неизвестными. Линейная деформация внутри конечного элемента будет описываться формулами Коши:

$$\{\varepsilon\}=[A]\{u\}=[B]\{u_i\}, \quad (2)$$

$$[B]=[A][N], \quad (3)$$

Где $[A]$ – матрица операций дифференцирования

Напряжения определяются по закону Гука:

$$\{\sigma\}=[D]\{\varepsilon\}=[D][B]\{u_i\}, \quad (4)$$

Где $[D]$ – матрица упругости, определяемая свойствами материала.

Основная формула метода конечных элементов имеет вид:

$$[K]\{u_i\}=\{p_i\} \quad (5)$$

$$[K] = \iiint_V [B]^T [D] [B] dV, \quad (6)$$

Где $[K]$ - матрица жесткости конечного элемента.

Необходимость моделирования пластических свойств металлов возникает, когда подвергнутые нагрузке детали и отдельные элементы конструкций работают за пределами упругости. Программа Ansysмного направленная, позволяющая решить целый ряд задач. Данный вычислительный комплекс с помощью простых граничных условий позволяет моделировать геометрию любого расчетного элемента, в том числе с учетом длительных и кратковременных внешних и внутренних воздействий, приводящих к развитию осложняющих процессов. При этом нахождение долговечности заключается в вычислении количества блоков нагружения, которые способны выдержать исследуемый элемент или конструкция.

Оценка напряженно-деформированного состояния резервуара

					Общая характеристика резервуаров вертикальных стальных для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор литературы	Лист 48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Проведенный литературный анализ свидетельствует, что одним из определяющих критериев оценки состояния резервуара и оборудования является их оценка через изменение напряженно-деформированного состояния, вследствие основных и дополнительных нагрузок на исследуемую систему. К наиболее непредсказуемым и опасным относят дополнительные нагрузки при сезонных подвижках грунта. И особенно ярко выражены изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) в болотистой местности и на участках распространения многолетнемерзлых грунтов. Примером таких участков является северная территория Томской области.

Структурно схема работ по оценке НДС резервуаров показана на рисунке 9.



Рисунок 9 – Схема работ по оценке НДС [29]

При недостаточном объеме исходных данных (например, отсутствие

исполнительной документации) количество точек измерения (как при нивелировании, так и при измерении деформаций и/или напряжений) должно быть увеличено. Геодезические измерения дополняются проведением геометрических измерений с использованием штриховых мер длины (например, измерительная металлическая рулетка) и специальных измерительных инструментов и приспособлений (например, нивелир и уровень) в соответствии с РД 03-606-03 [30].

Исходя из изложенного выше, следует, что оценка состояния целостности таких сложных технических сооружений, как резервуары, может проводиться разными техническими устройствами с применением различных методик. Но точность полученной информации может быть более высокая только в случае применения дополнительных инструментов при помощи программ моделирования и программ инженерного анализа, что в совокупности с современным оборудованием, позволит не только констатировать уже изменившееся напряженно-деформированное состояние, но и предопределять его возможные изменения, которые в ближайший период могут произойти с техническим объектом для хранения нефти и нефтепродуктов. Поэтому, постановка задач исследования данной ВКР, заключается в применении комбинированного подхода к оценке НДС резервуаров при помощи методов 3D сканирования и программного комплекса ANSYS.

2. Исследование резервуара вертикального стального типа РВС-10000 м³ методом 3D сканирования

Первые наземные лазерные сканеры появились еще в прошлом веке, с каждым годом данное направление пытается занять передовую позицию и активно вступает на геодезический рынок, охватывая новые области применения. Аналогичная тенденция характерна и для нефтегазовой отрасли, где интерес представляют использование НЛС в качестве диагностического прибора при обследовании РВС.

Устаревшие стандарты по съемке резервуаров не обеспечивают качественный, быстрый и надежный контроль. В связи с этим становится востребованными методы наземного лазерного сканирования, позволяющий определить техническое состояние резервуаров. Технология НЛС позволяет получать трехмерные модели резервуаров с высокой плотностью (угловой шаг соответствует 0,9 мм на поверхности при съемке с расстояния 30 м). По этим данным могут быть вычислены градировочные таблицы, данные об отклонении формы резервуара от идеальной или проектной формы с анализом величины отклонений, оценка вертикальности стенок и оси резервуара, отклонений от горизонтали плоскости наружного контура днища резервуара и т.д. [23].

2.1 Местоположение объекта исследования

Исследуемый вертикальный стальной резервуар находится в Таймырском Долгано-Ненецком муниципальном районе, Красноярского края на территории Сузунского месторождения.

Расстояние от Игарки до месторождения 130 км. от Дудинки 160 км, от Нового Уренгоя 200 км, а от Красноярска 1700 км.

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м ³		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Исследование резервуара вертикального стального типа РВС-10000 м ³ методом 3D сканирования	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					51
Консульт.							120
Рук-ль ООП		Брусник О.В.				ТПУ гр. 2Б6Б	

Сообщение с месторождением осуществляется круглогодично воздушным транспортом (вертолетами от п. Дудинка и п. Игарка) и в зимнее время по временным автодорогам (зимникам).

По физико-географическому положению в региональном плане район работ расположен в северо-восточной части Западно-Сибирской низменности.

Район представляет собой низменную полого холмистую равнину с средними абсолютными отметками высоты местности 60 – 80 м над уровнем моря, расположенную в бассейне реки Соленая, принадлежащую Енисейскому речному бассейну.

Водные объекты на территории обследуемого участка представлены верхними звеньями гидрографической сети реки Соленая, к которым относятся небольшие притоки, ручьи, лога, овраги.

Реки типично равнинные со слабовыраженными, сильно заболоченными долинами, плоскими, часто заболоченными водоразделами. Реки характеризуются спокойным течением и повышенной извилистостью. Суровый климат обуславливает длительный ледостав (октябрь - май) и отсутствие стока в зимний период на малых реках.

Наиболее широкое распространение имеют термокарстовые озёра, образовавшиеся в результате нарушения термических условий мёрзлых грунтов и таяния заключённого в них льда. Они обычно отличаются небольшими размерами и округлыми формами, приурочены, в основном, к заболоченным поймам рек и плоским водоразделам. Хотя надо отметить наличие в районе исследований и достаточно крупных озёр, достигающих по площади нескольких квадратных километров (оз.Бол. Советское) и глубинами до 30 м.

Рельеф территории в его современном виде сформировался в результате процессов морской и ледниковой аккумуляции.

Ледниковая аккумуляция сформировала на существовавшем морском цоколе комплекс форм рельефа ледникового и водно-ледникового

					Исследование резервуара вертикального стального типа РВС-10000 м ³ методом 3D сканирования	Лист 52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

происхождения.

Район работ расположен в зоне ледникового комплекса. В составе ледникового комплекса выделяется два типа рельефа: ледниково-аккумулятивный и водно-ледниковый (флювиогляциальный).

Ледниковый тип характеризуется развитием холмисто-грядового рельефа основной морены и озерно-холмистого рельефа краевых образований. Характерным морфологическим признаком этого рельефа является обилие озер различной величины и конфигурации, расположенных в понижениях между беспорядочно разбросанными холмами. Развитие озерных котловин происходит под влиянием термокарстовых процессов. Широко развита заболоченность.

Водно-ледниковый тип рельефа представляет собой задровую равнину с плоской слабонаклонной поверхностью. Волнистый характер поверхности обусловлен чередованием слабо выраженных водоразделов с пологими плохо выраженными склонами и ложбинами стока.

В современную эпоху основными рельефообразующими процессами являются продолжающиеся эрозионно-аккумулятивная речная деятельность и денудация. Существенным фактором рельефообразования является комплекс процессов, связанных с мерзлотой. Криогенные процессы представлены в виде полигональных грунтов, бугров пучения и тундровых медальонов.

В ландшафтном отношении район располагается в пределах южной субарктической кустарниковой тундры. Высота кустарника, произрастающего по долинам рек и вокруг озер, достигает 2-3 м.

Климат района субарктический. Отрицательная среднемесячная температура воздуха держится в течение 8-9 месяцев. Средняя температура января составляет минус 28 °С. Среднегодовая температура воздуха составляет - 10,1°С. Лето короткое и холодное. Самый теплый месяц лета - июль, имеет среднюю температуру +12,3°С. Среднегодовая скорость ветра – 6 м/сек. Летом преобладают ветры северо-западного направления, зимой –

					Исследование резервуара вертикального стального типа РВС-10000 м ³ методом 3D сканирования	Лист 53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

юго-восточного. Среднегодовое количество осадков колеблется в пределах 200-250 мм. Снежный покров устанавливается в середине октября, а сходит к концу июня. Реки замерзают в конце сентября – начале октября, а вскрываются в первой половине июня.

Над рассматриваемой территорией перенос воздушных масс обычно осуществляется в направлении с запада на восток, осенью наоборот, чаще вторгаются воздушные массы со стороны Баренцова и Карского морей. За счет того, что здесь располагается барическая ложбина, простирающаяся от Исландского минимума, в этом районе зимой отмечается усиление циклонической деятельности.

В холодный период года (с октября по апрель – май) проявляется воздействие барических областей, устанавливающихся над северной частью Атлантического океана. В связи с этим зимой, продолжительность которой достигает восьми месяцев, преобладают западные и югозападные воздушные течения. Они представляют собой поток относительно тёплого воздуха, формирующегося над европейским континентом.

С распространением на континент относительно тёплых и насыщенных влагой воздушных масс связано установление облачной погоды, выпадение снега, повышение отрицательной температуры воздуха и малое количество солнечной радиации (21 ккал/см² в год).

В летний период над территорией преобладают северные вторжения арктических масс холодного и сухого воздуха континентального типа, распространение которых приводит к установлению относительно малооблачной погоды антициклонального типа и к резкому понижению температуры воздуха. В общем, для района характерна частая смена направления воздушных течений, чем объясняется неустойчивость погоды в течение всего года.

Исследуемая территория расположена севернее Полярного круга в области сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Исключение могут составлять участки, приуроченные к таликовым зонам

					Исследование резервуара вертикального стального типа РВС-10000 м ³ методом 3D сканирования	Лист 54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

под крупными реками и под крупными озерными котловинами.

2.2 Общая характеристика резервуара вертикального стального тип РВС 10000 м³

Резервуар находится на территории УПН и ГТЭС Сузунского месторождения. Резервуар стальной вертикальный сварной.

Резервуар состоит из 8 поясов стенки разной толщины общей высотой 11,9 м. Диаметр резервуара составляет 34200 мм. Толщина верхнего пояса 11 мм, нижнего 12 мм. Вид хранимого продукта – товарная нефть с удельным весом 860 кг/м³. Данные о металле корпуса и днища: сталь 09Г2С ГОСТ 5058-65 с дополнительной гарантией ударной вязкости при температуре -40 °С. Металл настила кровли - СтЗ.

Принято, что резервуар жестко закреплен по нижнему ребру стенки. На сооружения действуют следующие нагрузки: гидростатическая от столба жидкости плотностью 860 кг/м³; ветровая (приложена к стенке равномерно) – 300 Па; вакуумметрическое давление – 250 Па; снеговая нагрузка – 2260 кН, нагрузка от веса кровли оборудования и кровли – 728 кН, которые приложены равномерно к верхнему ребру стенки РВС-10000.

2.3 Методика 3D сканирования

Цель измерения фактических геометрических параметров резервуаров состоит в том, чтоб проанализировать состояние и положение до начала эксплуатации учитывая все нормативные допустимые отклонения. На основании этого контроля своевременно разрабатывают и проводят инженерно-технические мероприятия по предупреждению и устранению опасных для конструкций деформаций.

Трехмерное сканирование – это систематический процесс определения координат точек, принадлежащих поверхностям физических объектов, с целью последующего получения их пространственных математических моделей.

Для измерений использовался наземный лазерный сканер Leica C10,

					Исследование резервуара вертикального стального типа РВС-10000 м ³ методом 3D сканирования	Лист 55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

удовлетворяющий требованиям проекта к точности измерений. Для охвата всей поверхности резервуара съемка выполнялась с нескольких позиций на расстоянии до 25м от РВС, с шагом точек от 2 до 4 мм. Результаты сканирования для регистрации сканов осуществлялась в специализированной программе Leica Cyclone для получения лучшего результата и объединённая точечная модель РВС. Данная объединённая точечная модель является исходной для определения деформаций РВС.

Измерение геометрической формы проводятся на уровне верха каждого пояса от вертикали. Измерения в точках соответствующих вертикальным стыкам 1-го пояса.

На рисунке 10 приведены результаты внешнего сканирования РВС. По графическому представлению возможно качественно оценить расположение основания резервуара, стационарных металлоконструкций, рабочих площадок и прочих инженерных решений элементов конструкции.

Для резервуаров РВС-10000 высотой до 12 м, предельные отклонения должны быть меньше, указанных в таблице 10. При этом 25% образующих могут иметь отклонения на 30% больше указанных.

Таблица 10 – Предельные отклонения образующих

№ пояса	1	2	3	4	5	6	7	8
Величина отклонения, мм	20	30	40	50	60	70	75	80

Результаты замеров приведены в таблице 11.

Исследуемый вертикальный стальной резервуар находится в Таймырском Долгано-Ненецком муниципальном районе, Красноярского края на территории Сузунского месторождения.

Сравнивая результаты замеров с допустимыми величинами, видно, что отклонения стенки от вертикали имеют отклонения от нормы на 1 пояс в 5,8 и 11 шве.

По результатам проведения наземного лазерного сканирования РВС-10000 была получена единая трехмерная точечная модель поверхности стенки резервуара в системе координат, построенной относительно первой сканерной станции. Результаты построения представлены на рисунке 10.

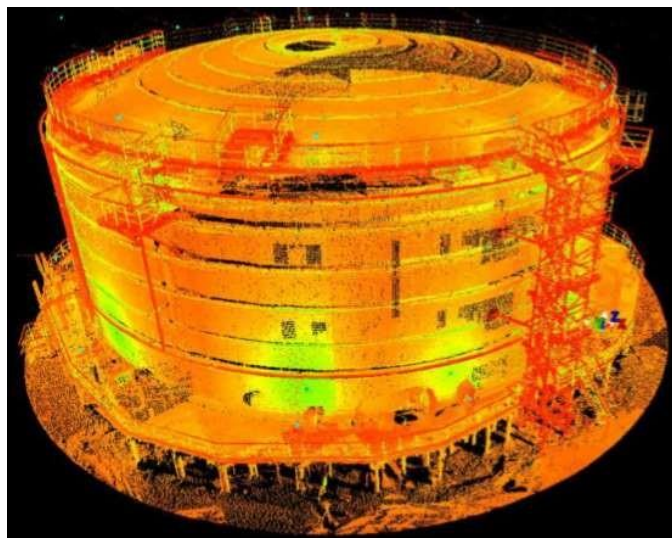


Рисунок 10 – Трехмерная точная модель РВС 10000 м³

На основании единой точечной модели поверхности стенки резервуара были определены отклонения образующих стенки резервуара от вертикали. Результаты проведенных измерений, а также результаты сравнения данных, полученных при помощи НЛС, и данных последней полной диагностики резервуара представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Отклонения образующих РВС-10000

№ шва	№ пояса							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Величина отклонения образующей от вертикали, мм							
1	-8	-8	-24	-13	-8	-32	-28	-15
2	25	15	13	22	3	13	23	-3
3	-6	4	-19	-30	-9	-27	-21	-10
4	0	-2	-3	-3	0	-3	-6	-5
5	36	24	17	-4	-28	-19	-4	-23
6	-14	-20	-31	-28	-9	-19	-16	-6
7	-19	-1	-6	-18	-12	-12	-6	0
8	24	20	18	30	28	8	15	4
9	-11	7	-6	-4	3	0	-7	12
10	3	6	7	0	0	-9	-8	4
11	24	18	13	11	8	11	22	15
12	-4	-21	-20	-21	-18	-21	-17	1
13	-4	-4	-27	-26	-26	-36	-27	-18
14	19	2	-4	0	-16	-9	-6	-5

3. Расчеты и технологическая часть

Резервуар вертикальный стальной (РВС) цилиндрический – объемное, наземное сооружение в форме стоящего цилиндра, со своими установочными характеристиками, предназначенное для приема, хранения, измерения объема и выдачи нефти и нефтепродуктов. Основными составными частями резервуара являются стенка (а), основание, днище (б) и крыша (в) (рисунок 11).

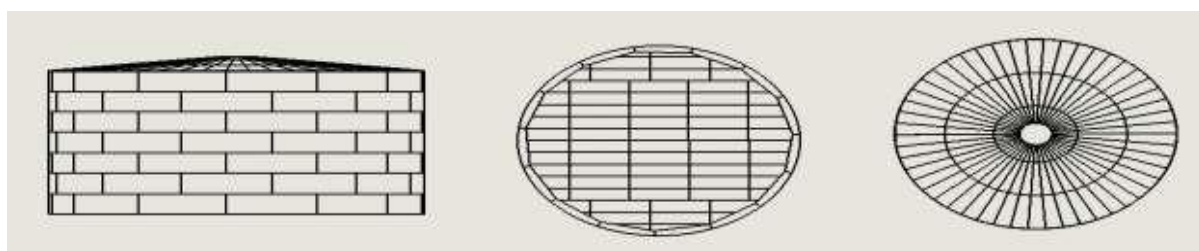


Рисунок 11 – Основные составные части резервуара РВС 10000 м³

Геометрическая модель резервуара строилась в соответствии со значениями, принятыми для РВС-10000. Внутренний диаметр стенки 34200 мм, высота стенки 11920мм. Толщина стенки для первого пояса – 13 мм, для 2-8 поясов – 12мм. Листы стенки выравниваются по внутреннему краю. Для задания гидростатической нагрузки выбраны следующие параметры: высота разлива нефтепродукта – 10,8 м, плотность хранимой нефти $\rho=860$ кг/м³. Материал металлоконструкций – сталь конструкционная низколегированная 09Г2С с пределом текучести $\sigma_{0,2}=300$ МПа. Для изготовления вертикальных цилиндрических резервуаров с плоским днищем главным образом применяются стали марок Ст2, Ст3, а также низколегированные стали 09Г2С-12 и 09Г2У.

Резервуар располагается в Таймырском Долгано-Ненецком муниципальном районе, Красноярского края, где колебания температур

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м ³		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Расчёты и технологическая часть	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					59
Консульт.							120
Рук-ль ООП		Брусник О.В.				ТПУ гр. 2Б6Б	

составляет от - 39 до + 27 °С. Согласно ТКП 45-5.04-172-2010 данным, климатическим условиям соответствует сталь 09Г2С-12, так как температурная область её применения может охватывать диапазон температур от -40 до +200 °С.

3.1 Резервуар и его размеры

Все расчеты выполняются по методу предельных состояний по СНиП 2-23-81*, СНиП 2.01.07-85 и ГОСТ Р 59910 – 2008. Нормы позволяют выбрать класс сталей для элементов резервуаров, метод монтажа, конструктивные решения, типы фундаментов и оснований.

Днище резервуара состоит из кольцевой окрайки и центральной части полистового исполнения, из листов 1490 × 7600 мм².

С учетом обработки кромок листа при дальнейших расчетах принимаются следующие его размеры: 1490 × 7600 мм². Соответственно количество поясов в резервуаре будет равно восьми. Точная высота резервуара $H = 1490 \times 8 = 11920$ мм. Радиус резервуара определяется из формулы 1 для объема цилиндра:

$$V = \pi \times r^2 \times H \quad (1)$$

где r – радиус резервуара, м;

H – высота стенки резервуара, мм.

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi \times H}} = \sqrt{\frac{10000}{3,14 \times 11920}} = 17100 \text{ (мм)} \quad (2)$$

Периметр резервуара L_{π} и число листов в поясе N_{π} рассчитываются по формулам 2 и 4 соответственно.

$$L_{\pi} = 2 \times \pi \times r \quad (3)$$

$$N_{\pi} = \frac{L_{\pi}}{L} \quad (4)$$

где L – длина листа в поясе резервуара, мм.

					Расчёты и технологическая часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$L_{\Pi} = 2 \times 3,13 \times 17100 = 107388 \text{ (мм)}$$

$$N_{\Pi} = \frac{107388}{7600} = 14,13 \text{ (шт)}$$

3.2 Расчёт стенки резервуара

Согласно ТКП45-5.04-172-2010 номинальная толщина каждого пояса стенки резервуара t_u рассчитывается по формуле:

$$t_u = [0,001 \times \rho \times g \times (H_i - X_L) + 1,2 \times p] \times \frac{r}{R} + \Delta t_{cU} + \Delta t_{mU} \quad (5)$$

$$\text{где } X_L = \sqrt{r \times (t_L - \Delta t_{cL} - \Delta t_{mL})}$$

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

$$R = \frac{R_{vn} \times \gamma_c \times \gamma_t}{\gamma_m \times \gamma_n} \quad (6)$$

где t_L – назначенная номинальная толщина пояса стенки, примыкающего снизу к i -му стыку, м;

t_{cU} – припуск на коррозию пояса стенки, примыкающего к i -му стыку снизу, м;

t_{mU} – минусовой допуск на прокат пояса стенки, примыкающего к i -му стыку снизу, м;

R – расчетное сопротивление материала пояса стенки по пределу текучести, МПа; ρ – плотность нефти, $860 \text{ кг/м}^3 = 0,860 \text{ т/м}^3$;

p – нормативное избыточное давление в газовом пространстве, 0 МПа;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$;

H_i – расстояние от зеркала продукта до i -го стыка поясов при эксплуатации, м.

					Расчёты и технологическая часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

R_{yn} – нормативное сопротивление растяжению (сжатию) металла стенки, равное минимальному значению предела текучести, принимаемому по государственным стандартам на листовой прокат;

γ_c – коэффициент условий работы;

$\gamma_c = 0,7$ - для нижнего пояса; $\gamma_c = 0,8$ - для остальных поясов;

γ_t – температурный коэффициент, $\gamma_t = 1$;

γ_m – коэффициент надежности по материалу, $\gamma_m = 1,025$

γ_n – коэффициент надежности по ответственности, для I класса опасности $\gamma_n = 1,2$; для II класса $\gamma_n = 1,1$; для III класса $\gamma_n = 1,05$; для IV класса $\gamma_n = 1$.

Результаты расчета толщины t_u каждого пояса стенки следует округлить до целого числа в большую сторону, в соответствии со значениями толщины проката по ГОСТ 19903, сравнить с минимальной толщиной стенки и свести все данные в таблицу.

Рассчитаем для нижнего пояса сопротивление материала стенки резервуаров по пределу текучести.

$$R = \frac{345 \times 0,7 \times 1}{1,025 \times 1,2} = 196,34 \text{ (МПа)}$$

Номинальная толщина каждого пояса стенки резервуара t_u :

Для нижнего пояса:

$$X_L = 0$$

$$t_u = [0,001 \times 0,860 \times 9,8 \times (11,085 - 0) + 1,2 \times 0] \times \frac{17,100}{196,34} + 0,001 + 0,0008 = 0,00986 \text{ (м)} = 11,86 \text{ (мм)}$$

Для второго пояса:

$$X_L = \sqrt{17,100 \times (0,00986 - 0,001 - 0,0008)} = 0,337 \text{ (м)}$$

$$t_u = [0,001 \times 0,860 \times 9,8 \times (9,595 - 0,337) + 1,2 \times 0] \times \frac{17,100}{214,19} + 0,001 + 0,0008 = 0,00761 \text{ (м)} = 10,61 \text{ (мм)}$$

Сведём все результаты подсчётов в таблицу 11.

					Расчёты и технологическая часть	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 11. Результаты подсчётов

Номер пояса	Номинальная толщина пояса t_U , мм	Δt_{cU} , мм	t_{mU} , мм	Минимальная толщина стенки t_{min} , мм	Принятая толщина пояса t , мм
1	12,86	1	0,8	8	13
2	11,61	1	0,8	8	12
3	10,55	1	0,8	8	12
4	9,48	1	0,8	8	12
5	8,41	1	0,8	8	12
6	7,34	1	0,8	8	12
7	7,25	1	0,8	8	12
8	7,10	1	0,8	8	12

3.3 Расчёт днища резервуара

Расчёт ширины окраечного кольца днища проводится по формуле:

$$L_0 = k_2 \times \sqrt{r \times t_1} \quad (7)$$

где t_1 – номинальная толщина нижнего пояса стенки;

$k_2 = 0,92$ – безразмерный коэффициент;

k – радиус резервуара.

$$L_0 = 0,92 \times \sqrt{17,100 \times 0,01} = 0,346 \text{ (м)} = 346 \text{ (мм)}$$

Толщина кольцевых окراек днища вычисляется по формуле:

$$t_b = \left(k_1 - 2,4 \times 10^{-3} \times \sqrt{\frac{r}{t_1 - \Delta t_{cs}}} \right) \times (t_1 - \Delta t_{cs}) + \Delta t_{cb} + \Delta t_{mb} \quad (8)$$

где $k_1 = 0,77$ – безразмерный коэффициент;

Δt_{cs} , Δt_{cb} –припуск на коррозию нижнего пояса стенки и днища соответственно;

Δt_{mb} –минусовой допуск на прокат окрайки днища.

$$t_b = \left(0,77 - 2,4 \times 10^{-3} \times \sqrt{\frac{17,100}{0,01 - 0,001}} \right) \times (0,01 - 0,001) + 0,001 + 0,0008 = 0,0078 \text{ (м)} = 7,8 \text{ (мм)}$$

Согласно ТКП 45-5.04-172-2010 номинальная толщина окрайки днища резервуара равна 7 мм, исключая припуск на коррозию, согласно расчетам принимаем толщину окрайки равную 8 мм и ширину окрайки равную 700 мм.

3.4 Расчёт кровли резервуара

Самонесущие купольные (сферические) крыши должны отвечать следующим требованиям:

- минимальный радиус сферической поверхности равен 0, 8D;
- максимальный радиус – 1,5D, где D – диаметр резервуара;
- минимальная толщина настила – 5 мм.

Минимальная расчетная толщина полотна крыши по условию устойчивости без припуска на коррозию определяется по формуле:

$$t_k = 4,48 \times \left(\frac{p}{E} \right)^{0,5} \times \frac{r}{\sin \theta}, \quad (9)$$

где θ – угол крыши с горизонтальной плоскостью, $\sin \theta = 20^\circ$,

E – модуль упругости стали,

P – расчетная нагрузка, Па,

Из уравнения (11) определяем расчетную нагрузку:

$$P = 1,05 \times g_m + 0,95 \times 1,6 \times S + 0,95 \times 1,2 P_{\text{бак}}, \quad (10)$$

где g_m – масса 1 м² листа крыши, кг;

g_y – масса 1 м² утеплителя, кг, $g_y = 0$;

S – полное нормативное значение снеговой нагрузки, (II район по снеговому покрову), Па,

					Расчёты и технологическая часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

$P_{\text{вак}}$ – величина относительного разрежения в резервуаре под крышей, Па.

Из уравнения (10) найдем величину g_m :

$$g_m = V \times p_{\text{ме}}, \quad (11)$$

где $P_{\text{ме}}$ – плотность металла, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$,

$$g_m = 1 \times 1 \times 0,005 \times 7850 = 39,25 \text{ кг.}$$

Тогда уравнение расчетной нагрузки P будет иметь вид:

$$P = 1,05 \times 39,25 + 0,95 \times 1,2 + 0,9 \times 1,6 \times 2260 + 0,95 \times 1,2 \times 300 = 3638 \text{ Па.}$$

Минимальная расчетная толщина полотна крыши имеет вид:

$$t_k = 4,48 \sqrt{\frac{3551}{2,06 \times 10^{11}}} \times \frac{17,75}{\sin 20} = 4,9 \approx 5 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину покрытия 5 мм.

Расчет узла на кольцевое растягивающее усилие:

$$N_k = r^2 \times \frac{P}{2 \times \sin 20} \quad (12)$$

$$N_k = 14^2 \times \frac{3551}{2 \times \sin 20} = 2,1 \text{ МН.}$$

В резервуарах, работающих с избыточным внутренним давлением, узел крепления крыши вверху стенки должен быть рассчитан на кольцевое сжимающее усилие:

$$N_{kc} = r^2 \frac{(P_i - g_{\min})}{2 \times \sin \theta} \quad (13)$$

где P_i – максимальное избыточное давление,

$g_{\min}$ – минимальная вертикальная расчетная нагрузка от веса крыши,

$$g_{\min} = 0,9(g_m + g_y).$$

$$N_{kc} = 14^2 \frac{(2200 - 0,9 \times 39,25)}{2 \times \sin 20} = 1,7 \text{ МН.}$$

					Расчёты и технологическая часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Расчётную площадь составляет участок крыши шириной l_k , вычисляется по формуле:

$$l_k = 0,6(r \times \frac{t_k}{\sin\theta})^{0,5} \quad (14)$$

$$l_k = 0,6(14 \times \frac{0,005}{\sin(20)^{0,5}})^2 = 0,23 \text{ м.}$$

Участок стенки резервуара шириной l_c , вычисляется по формуле:

$$l_c = 0,6 \times (r \times t_k)^{0,5} \quad (15)$$

$$l_c = 0,6 \times (14 \times 0,005)^{0,5} = 0,14 \text{ м.}$$

После вычисления l_k и l_c находим общую площадь элемента, воспринимающего кольцевое усилия, и рассчитываем возникающее в нем напряжение после чего сравниваем его с допустимым:

$$\frac{N_k}{S_{пр} + l_k \times t_k + l_c \times \delta_c} \leq R_y, \quad (16)$$

$$S_{пр} = 141,96 \text{ см}^2$$

где $S_{пр}$ – площадь сечения профиля опорного элемента.

Выбираем уголок №25 с площадью сечения профиля $S_{пр}=141,96 \text{ см}^2$ (ГОСТ 8509 – 93).

$$\frac{2,12 \times 10^6}{0,014196 + 0,23 \times 0,005 + 0,4 \times 0,01} \leq 293 \times 10^6,$$

$$126 \times 10^6 \leq 293 \times 10^6.$$

Вывод: в результате аналитического расчета были рассчитаны следующие интересующие нас величины, такие как толщина листов стенки резервуара, проведен расчет днища и крыши. Так же определено кольцевое усилие и возникающее в нем напряжение, после чего сравнили его с допустимым.

4. Расчёт НДС резервуара с использованием программы ANSYS

Над рассматриваемой территорией перенос воздушных масс обычно осуществляется в направлении с запада на восток, осенью наоборот, чаще вторгаются воздушные массы со стороны Баренцова и Карского морей. За счет того, что здесь располагается барическая ложбина, простирающаяся от Исландского минимума, в этом районе зимой отмечается усиление циклонической деятельности. Расчеты РВС выполнены в программном комплексе метода конечных элементов ANSYS.

Метод конечных элементов (МКЭ) – является численным методом решения дифференциальных уравнений деформируемой среды. Сущность МКЭ заключается в том, что, минуя дифференциальные уравнения деформируемой среды на основе вариационных принципов механики упругого тела, строятся процедуры для отыскания числовых полей неизвестных функций в деформируемом теле – перемещений, усилий, напряжений.

Рассматриваемый выше метод характерен для методов дискретного анализа. Суть метода заключается в том, что деформируемое тело целиком аппроксимируется через разделение ее на конечные элементы. При помощи специально выбранных функций, в каждом элементе показывается поведение среды. Сравнивая с другими численными методами, метод конечных элементов основывается на физической дискретизации исследуемого тела, подвергшегося деформации. Для данных функций необходимо создать такие условия, чтобы во всей среде присутствовала непрерывность описываемых характеристик.

При создании геометрических и численных моделей используемые программные комплексы различны. Так, например при создании

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м3		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Расчёт НДС резервуара с использованием программы ANSYS	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					Листов
Консульт.							67
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					120
						ТПУ гр. 2Б6Б	

геометрической модели, необходимы следующие параметры: выравнивание относительно осей, толщина, материал, параметры нелинейности.

При создании численной модели используется совершенно иное программное обеспечение. Для этой задачи, создан комплекс под названием ANSYS, который позволяет решать задачи механики твёрдого (деформируемого) тела, а также механики конструкций. В данной программе имеется специальный режим Interactive, с предустановленной графической оболочкой Workbench, позволяющей решить намеченные задачи. Решение этих задач проходит в три этапа, характерного логики метода. Рассмотрим эти этапы более подробно:

1) 1 этап – носит название «препроцессинг», где проходит создание базы конечных элементов рассматриваемого объекта. При этом, здесь, активно проходят следующие процессы: Устанавливается тип конечно элемента, относительно размерности и других свойств объекта, происходит настройка программы.

2) Выбирается тип физической задачи, например, теплопередача, механика твердого (деформируемого) тела, гидродинамика и др. Также задаются и другие характеристики элемента.

3) Контактные пары необходимо задать только в том случае, если имеет место дело с контактной задачей. Кроме этого, устанавливаются ее характеристики, а также модель непосредственно самого контакта.

4) Для загрузки геометрической модели из графической среды Workbench широко применяется опция DesignModeller

5) На выбор определяющих уравнений метода конечных элементов влияет и те свойства, которые мы задаем, которые в свою очередь отвечают за модель материала, например, билинейный, упругопластичный, линейно-упругий и другие.

6) Необходимые параметры сетки мы задаем непосредственно при разбивке.

					Расчёт НДС резервуара с использованием программы ANSYS	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Также выполняется процедура поразбиению геометрической модели на конечные элементы.

7) Выбираются свойства объекта, которые рассматривались в расчетах; указывается материал объекта. Стоит отметить, что свойства можно набрать, используя клавиатуру или загрузить из базы данных материалов программного обеспечения ANSYS.

После первого этапа следует процедура по приданию модели требуемых граничных и физических условий, а также решение задачи:

- 1) Первоначально необходимо задать граничные условия
- 2) Защемления, связи (перемещения), силы и другие
- 3) Необходимо выбрать один из двух методов анализов: статический или динамический

4) Подбирается наиболее предпочтительный способ решения системы уравнений методом конечных элементов

5) Указываются необходимые функции вычислительных процедур

- 1) Число итераций, а также число шагов нагружения
- 2) Происходит решение системы уравнений, которые мы получили методом конечных элементов, вследствие чего становится доступным файл с результатом. В нем мы можем увидеть вектор, найденных узловых перемещений (степеней свободы).

После второго этапа осуществляется анализ результатов расчета, а также постпроцессинговая обработка. Вычисленные физические величины методом конечных элементов, а именно деформация, перемещение, напряжение, выводится в виде анимации, графиков, таблиц, картинок. Для этого мы используем графическое окно ANSYS. После осуществления всех выше перечисленных процессов решения задачи, с помощью программного обеспечения ANSYS на локальном диске рабочего компьютера появляется база данных, которая несет в себе всю информацию о рассматриваемой модели. Для того чтобы продолжить исследовать модель, необходимо данную базу данных конвертировать в бинарный файл.

					Расчёт НДС резервуара с использованием программы ANSYS	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Рассмотрим более подробно вычисление функции собственной жесткости резервуара как основание вертикальной составляющей с помощью программного комплекса ANSYS для выбранной модели резервуара РВС-10000, в котором проанализируем результаты полученных вычислений

Сегодня выделяют три основных типа жесткости: 1) абсолютно гибкие; 2) абсолютно жесткие; 3) тип конечной жесткости. Рассмотрим данные типы подробнее. К первому типу относят такие сооружения, которые под действием внешних нагрузок, следуют за осадками своего основания. Ко второму относят такие сооружения деформируемость, которых ничтожна мала в отличии с деформируемостью основания, и такое сооружение можно рассматривать как недеформированное. Ну и третий тип конечной жесткости, возникает в тех случаях, когда деформация сооружения и основания происходят совместно, что приводит к перераспределяю действующих напряжений. Вертикальные стальные резервуары по мнению многих исследователей относятся к сооружениям с высокой гибкостью, если так, то деформация стенки и днища происходит совместно с деформацией грунтового основания. Вдобавок считается, что все металлоконструкции, а также стенки деформируются на такую же величину, как и осадка основания, и в следствии чего приводит к разрушению, из- за внушительных пластических деформаций в металле.

Многие исследователи относят резервуары к сооружениям с высокой гибкостью, в этом случае предполагается, что днище и стенка резервуаров деформируются совместно с грунтовым основанием, на которое они опираются. При этом считается, что стенка и все металлоконструкции деформируются на такую же величину вслед за осадкой основания, что приводит к их разрушению вследствие значительных пластических деформаций в металле. Вместе с тем, следует отметить, что жесткость цилиндрической оболочки вращения, а так же окрайки, кольца жесткости, балок и настила крыши, мы не учитывали.

					Расчёт НДС резервуара с использованием программы ANSYS	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Влияние нагрузок, возникающих во время эксплуатации резервуара распределяются как по центральной части днища, так и по железобетонному фундаментному кольцу, так же следует отметить совместную работу различных элементов конструкции вертикального стального резервуара, а именно окрайки, стенок, балочной конструкции, настила кровли и непосредственно само кольцо жесткости. В данной работе задача заключалась в вычислении значения перемещений элементов конструкции резервуара с отклонением от вертикали, а также в вычислении напряжений, которые возникают во время эксплуатации резервуара.

На рисунке 12 изображены зоны деформации стенок РВС 10000. Из рисунка видна цветовая карта отклонений между идеальной поверхностью и фактической. Зоны несоответствия поверхностей окрашены в соответствии с цветовой картой. Максимальное отрицательное отклонение от вертикали соответствует поясу 5 вблизи шва №9 и равно -61 мм. Максимальное положительное отклонение от вертикали располагается в области пояса 5 в районе шва №3 и составляет 32 мм. Отклонения от вертикали характерны для всего резервуара.

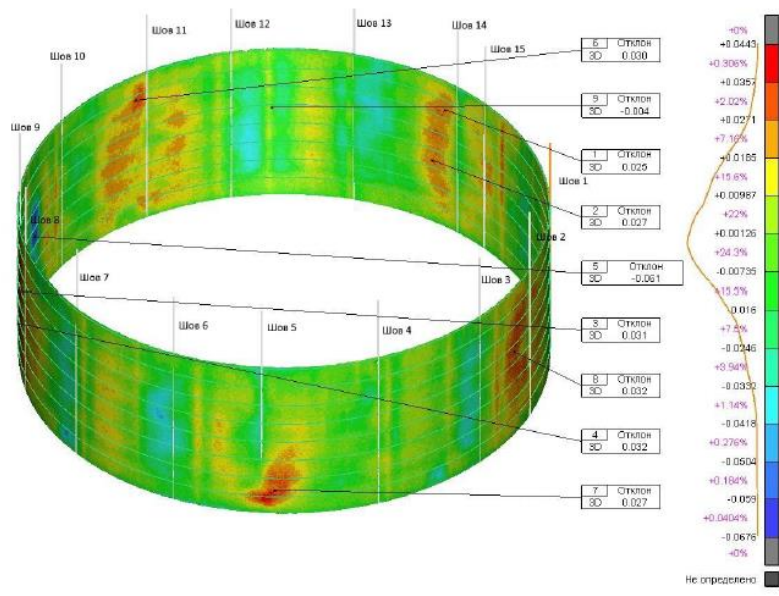


Рисунок 12– Зоны деформации стенок резервуара

На рисунке 13 изображены зоны деформации днища резервуара. Изрисунка видно максимальные отрицательные и максимальные

положительные отклонения днища.

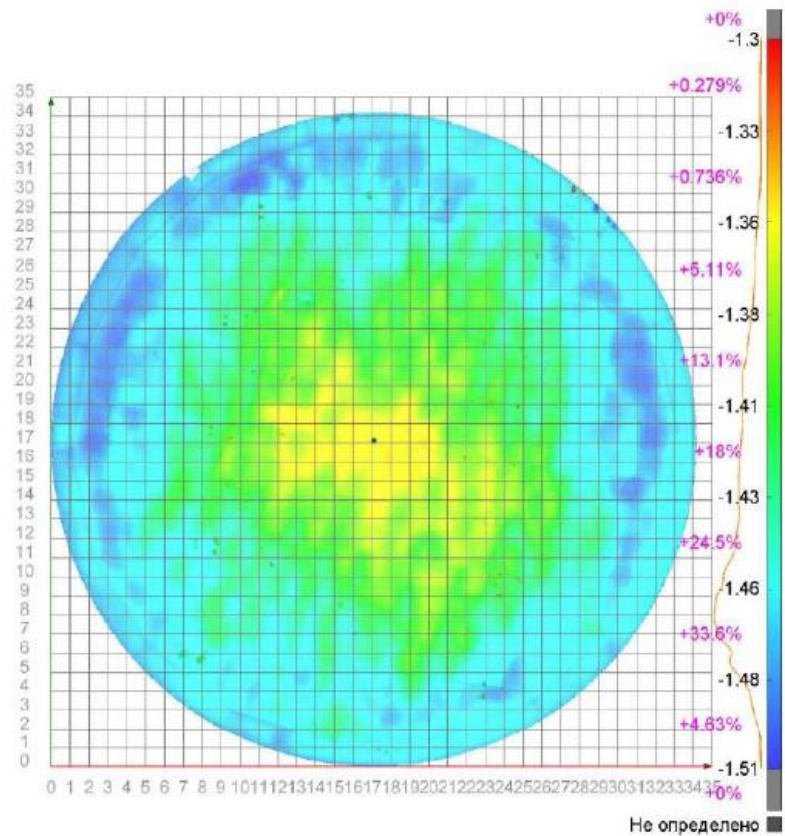


Рисунок 13– Зоны деформации днища резервуара

На рисунке 14 приведены результаты внутреннего сканирования РВС. На рисунке показаны внутренний регистр подогрева и прочие инженерные решения элементов конструкции.

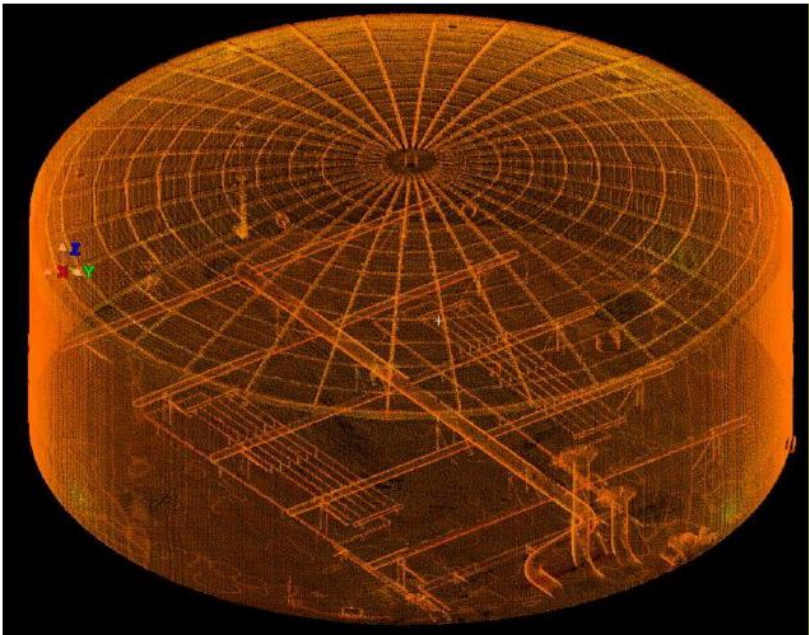


Рисунок 14 - Результаты сканирования внутреннего пространства

РВС

В экспериментальном исследовании собственной жесткости поочередно выполняются расчеты НДС резервуара. К резервуару прикладываются нагрузки от веса стационарного оборудования, снега; резервуар упруго закреплен по нижним плоскостям центральной части днища и фундаментного кольца.

На рисунках 15, 16, изображена картина напряжений по критерию Мизеса. Максимальные напряжения по картине составляют 135 МПа. Допустимые напряжения 188,17.

Характеристика	Размерность	Значение
Марка стали		09Г2С
Модуль упругости Юнга	Гпа	2.1
Коэффициент Пуассона		0.3
Ускорение свободного падения	м/с ²	9.81
Высота взлива нефтепродукта	м	10.8
Плотность нефтепродукта	кг/м ³	860
Толщина листов днища	мм	8
Толщина листов крыши	мм	6
Толщина листов 1 пояса	мм	13
Толщина листов 2-8 поясов	мм	12

Результаты расчёта отображены на рисунках 15-20.

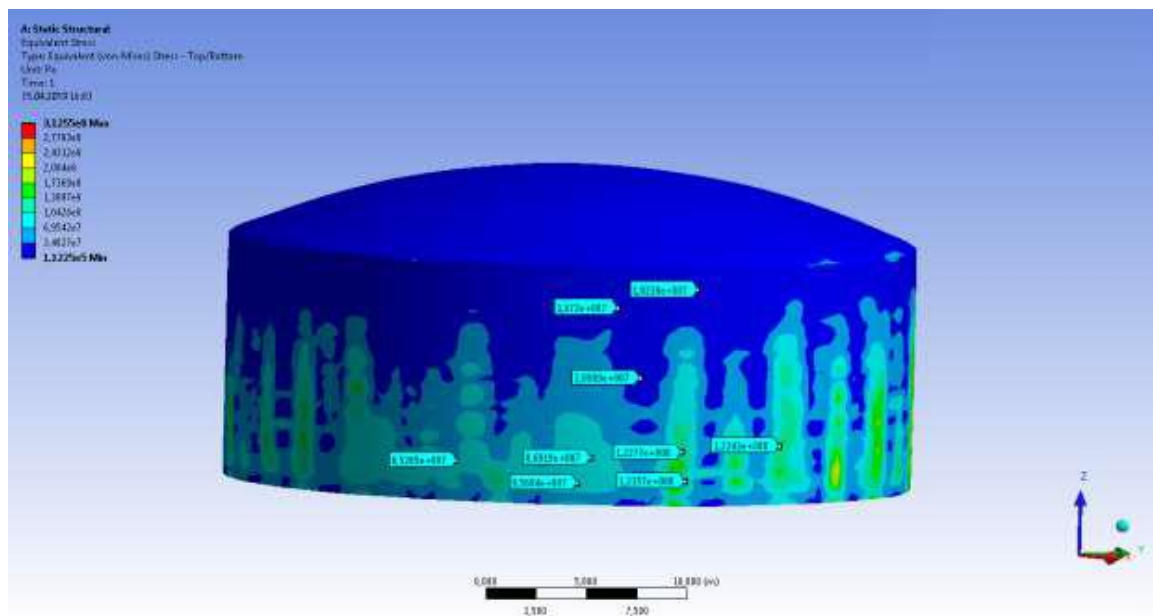


Рисунок 15 - Картина полей напряжений по критерию Мизеса

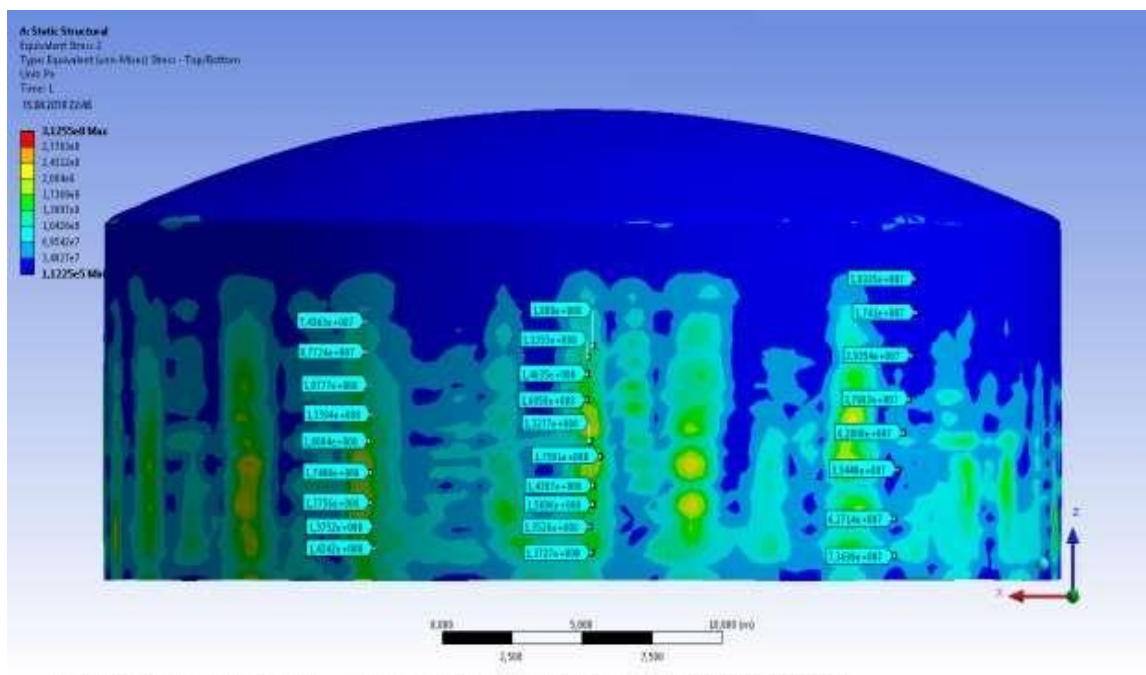


Рисунок 16 – Картина полей напряжений по критерию Мизеса

На рисунках 17-18 представлена картина распределения общих перемещений в листах РВС. Из расчета видно, что величина общих перемещений не превышает 29 мм.

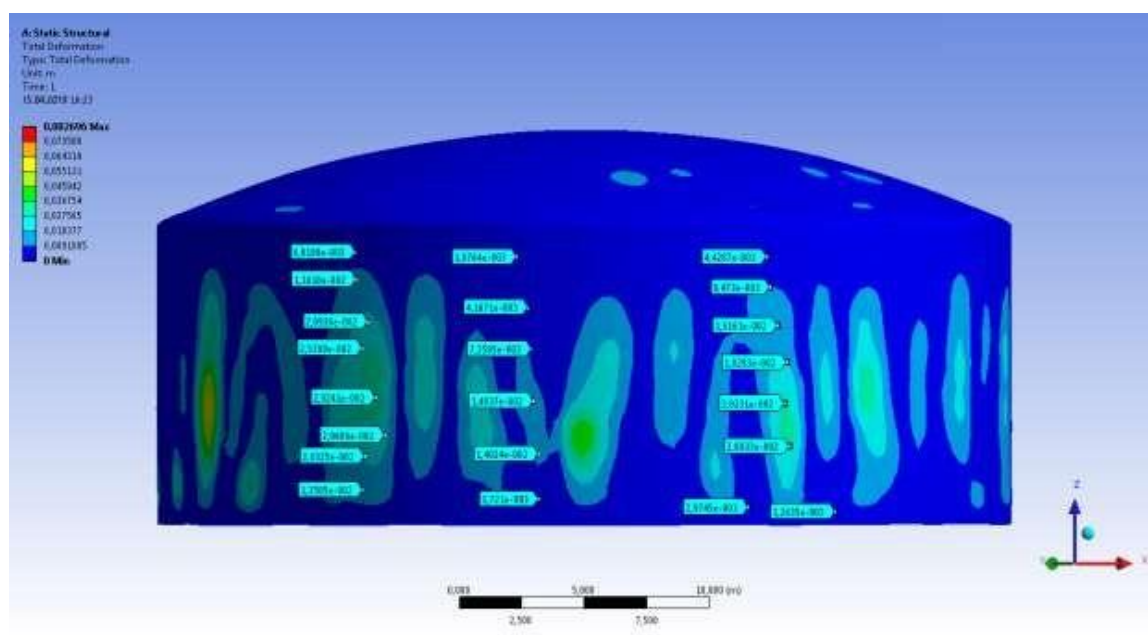


Рисунок 17 – Картина полей общих перемещений

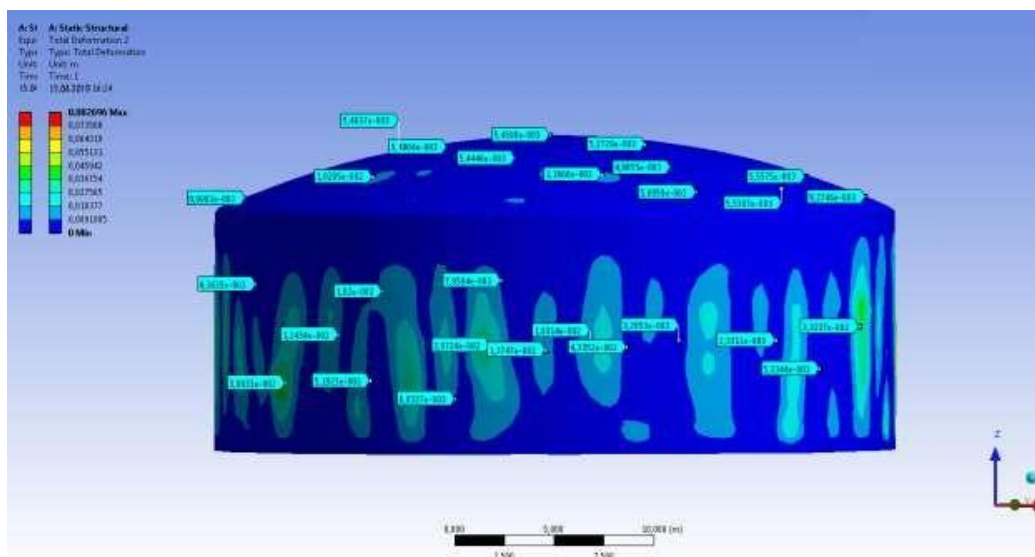


Рисунок 18 – Картина полей общих перемещений

В результате расчета необходимо получить значения перемещений листов поясов и их картину их напряжений в радиальном направлении. Для этого в решении была введена дополнительная цилиндрическая система координат. На рисунках 19 – 20 приведены графические результаты данных расчетов. Перемещение листов поясов в радиальном направлении не превышает 3 мм. Значения напряжений составляют порядка 90 МПа.

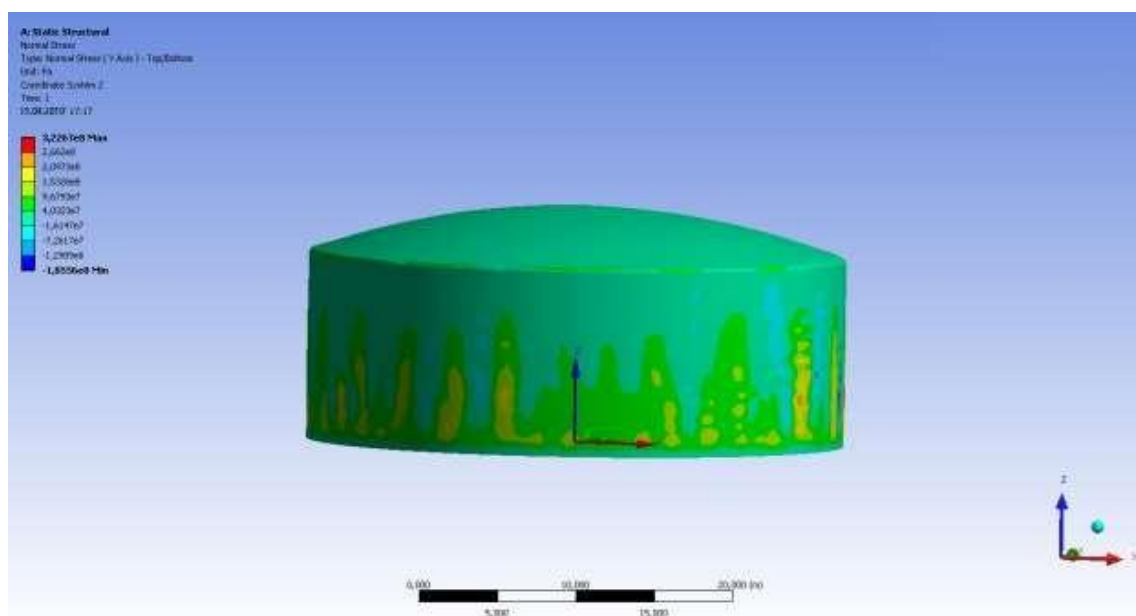


Рисунок 19 – Картина полей перемещений в радиальном направлении

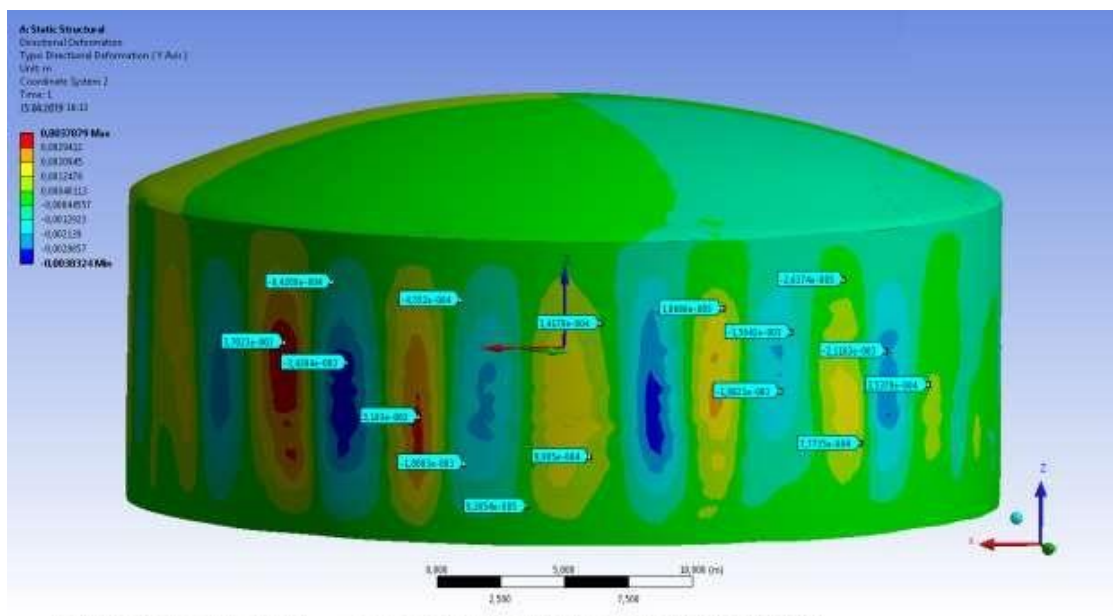


Рисунок 20 – Картина полей перемещений в радиальном направлении

Картина общих деформации в металле поясов, рассчитанных по критерию Мизеса представлена на рисунках 21–22. Величина деформаций в пределах 2 мм.

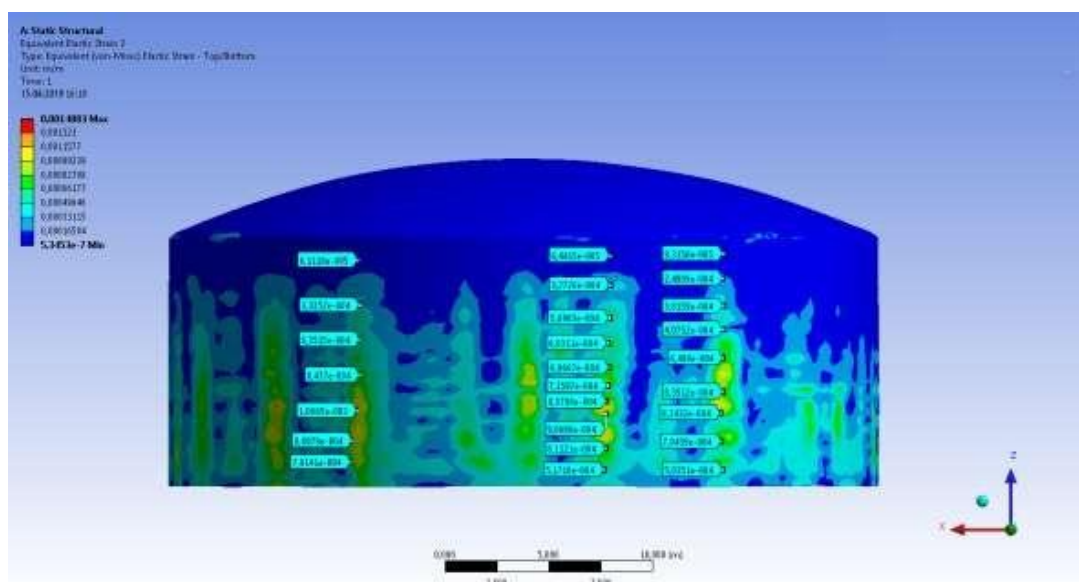


Рисунок 21 – Картина полей деформаций по критерию Мизеса

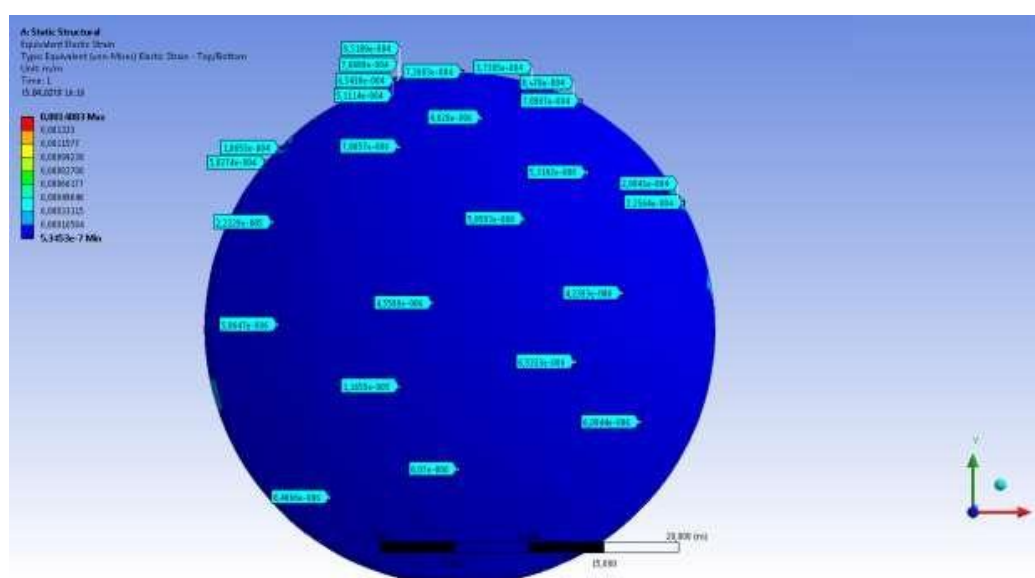


Рисунок 22 – Картина полей деформаций по критерию Мизеса

Вывод по разделу: В результате проведенных исследований в соответствии с требованиями п. 2.1.8 «Нормы проектирования Стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000 – 50000 м³ РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04» проведены расчеты на заполнение пространства резервуара нефтепродуктами. Результаты: максимальные напряжения не превышают 135 МПа, допустимые 188,17 МПа.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

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, вследствие накопления повреждений, возникших при эксплуатации. Одним из наиболее опасных объектов были и остаются различные виды резервуаров. В системе трубопроводного транспорта, например, более 3000 РВС находятся в эксплуатации более 50 лет, свыше 1000 РВС - от 40 до 50 лет. Экономически выгодная эксплуатация резервуара не может быть обеспечена без должного наблюдения за техническим состоянием и своевременным устранением неполадок. Нарушение прочности и герметичности в резервуарах в большинстве случаев вызывается совокупностью различных неблагоприятных воздействий на конструкции. Элементы резервуара в эксплуатационных условиях испытывают значительные быстроменяющиеся температурные режимы, повышение давления, вакуум, вибрацию, неравномерные осадки и коррозию. Практически каждый из резервуаров представляет собой объект повышенной опасности для персонала предприятия, населения, соседних сооружений и окружающей среды. Также можно отметить, что резервуары, как и любой технический объект, имеют свой ресурс и каждое предприятие стремится повысить экономическую эффективность производства товаров или услуги с наименьшими издержками, что означает отсутствие потерь в использовании ресурсов.

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м3		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					Листов
Консульт.							78
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					120
						ТПУ гр. 2Б6Б	

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: Резервуар вертикальный стальной 10000 м3 Целевой рынок: нефтяные и газовые компании

		Вид исследования		
		Расчет РВС	3D модель и анализ работы РВС	Конструирование РВС
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

«Роснефть»

«Сургутнефтегаз»

«Транснефть»

В различных исследованиях резервуар вертикальный стальной необходим в основном крупным компаниям, так как данный резервуар прост в сборке и обслуживании. Крупным компаниям важна простота и долговечность. Для каждого резервуарного парка используют оборудование с разными техническими характеристиками.

3D модель имеет не мало важную роль для конструирования РВС, так как при создании трехмерной модели, в специальных программах, типа Ansys, можно смоделировать отклонение от вертикали и посмотреть, как он будет вести себя в рабочем режиме, где будут максимальные нагрузки. На основе расчетов и трехмерной модели ведется конструирование, учитываются все просчеты.

5.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают

в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам.

Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повешения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерииоценки	Вес кри те- рия	Баллы			Конкурентос по- собность			
		БФ	Бк 1	Бб	Кф	Кк1	Кб	
		Техническиекритерииоценкиресурсоэффektivности						
1. Срокслужбы	0,13	3	2	2	0,39	0,26	0,26	
2. Ремонтопригодность	0,1	4	2	3	0,4	0,2	0,3	
3. Надежность	0,12	3	3	3	0,36	0,36	0,36	
4. Простотаремонта	0,1	3	2	1	0,3	0,2	0,1	
5. Удобство в эксплуатации	0,08	4	3	3	0,32	0,24	0,24	
6. Уровеньшума	0,11	4	3	3	0,44	0,33	0,33	
		Экономическиекритерииоценкиэффektivности						
1. Конкурентоспособностьпроду кта	0,03	4	3	2	0,12	0,09	0,06	
2. Уровеньпроникновениянарын ок	0,08	4	2	3	0,32	0,16	0,24	
3. Цена	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3	
4. Предполагаемыйсрок эксплуатации	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28	
5. Послепродажноеобслуживани е	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,18	
6. Наличиефинансирование поставщикамиоборудования	0,02	2	3	2	0,04	0,06	0,04	
Итого	1	43	33	32	3,51	2,66	2,69	

Бф – Резервуар вертикальный стальной;

Бк1 – Резервуар вертикальный стальной с понтоном;

Б₆ – Резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей.

По таблице 12 видно, что наиболее эффективно использовать резервуар вертикальный стальной, так же он является наиболее конкурентоспособным к другому виду, так как обладает рядом преимуществ, например, удобство в эксплуатации, а также минимальное количество подвижных частей, что обеспечивает долговечность работы резервуара.

$$K1 = \frac{43}{33} = 1,3$$

5.3 SWOT – анализ

SWOT – анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа:

1. Сильные стороны проекта:

- Высокая экономичность технологии.
- Экономичность технологии.
- Повышение безопасности производства.
- Уменьшение затрат на ремонт оборудования.

2. Слабые стороны проекта:

- Трудность внедрения функции.
- Отсутствие на предприятии собственного специалиста, способного произвести внедрение функции.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

3. Возможности:

- Повышение эффективности работы предприятия за счет модернизации.
- Сокращение расходов.
- Качественное обслуживание потребителей.
- Сокращение времени простоев.

Угрозы проектов

Отсутствие спроса на новые производства;

- Снижение бюджета на разработку;
- Высокая конкуренция в данной отрасли.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 13, таблице 14, таблице 15, таблице 16.

Таблица 13 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	-	0
	B2	-	-	+	-
	B3	-	0	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C2, B2C3.

Таблица 14 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	+	-	0
	B2	-	0	-
	B3	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B1C1.

Таблица 15 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	Y1	+	+	-	0
	Y2	-	-	-	-
	Y3	+	+	0	0

Таблица 16 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		C1	C2	C3
	Y1	+	-	0
	Y2	-	0	-
	Y3	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: Y1C1. В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 17).

Таблица 17 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокая экономичность технологии. С2. Экономичность технологий. С3. Повышение безопасности производства. С4. Уменьшение затрат на ремонт оборудования	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Трудность внедрения функции. Сл2. Отсутствие на предприятии собственного специалиста, способного произвести внедрение функции.
Возможности: В1. Повышение эффективности работы предприятия за счет модернизации. В2. Сокращение расходов. В3. Качественное обслуживание потребителей. В4. Сокращение	– Достижение повышения производительности агрегатов. – Исключение поломок оборудования в результате сбоев в электроснабжении. – Своевременная поставка нефти и природного газа потребителям.	1. Поиск заинтересованных лиц 2. Разработка научно-исследования 3. Принятие на работу квалифицированного специалиста. 4. Переподготовка имеющихся специалистов

времени простоев.		
Угрозы: У1: Отсутствие спроса на новые технологии производства; У2: Снижение бюджета разработки; У3: Высокая конкуренция в данной отрасли	1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. 2. Доработка проекта 3. Сложность реализации проекта.	1. Приобретение необходимого оборудования опытного испытания 2. Остановка проекта. 3. Проведения других проектов в

5.4 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели,

инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должности исполнителя
Выбор темы исследований	1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, исполнитель
	2	Выбор алгоритма исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Исполнитель
Разработка тех. задания	4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель
	6	Проектирование модели и проведение экспериментов	Исполнитель
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, Исполнитель

Оформление отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительно й записки	Руководитель, Исполнитель
---	---	------------------------------------	---------------------------

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{2t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

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

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

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

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

мРазработка графика проведения научного исследования

Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \times T_{кал}$$

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

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

$T_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$K_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}$$

где $T_{кал} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых} = 66$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр} = 15$ – количество праздничных дней в году.

$$K_{кал} = \frac{365}{365 - 66 - 15} = 1,28$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблице 19.

Таблица 19 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнитель	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$			

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Календарное планирование работ по теме	3	6	4,2	Руководитель, исполнитель	2	3
Согласование и утверждение тех. задания	1	3	1,8	Руководитель	2	3
Подбор и изучение материалов по теме	10	15	12	Исполнитель	12	16
Согласование материалов по теме	5	8	6,2	Руководитель	6	8
Проведение теоретических расчетов и обоснование	6	18	10	Исполнитель	10	13
Проектирование 3D модели резервуара	3	12	6,6	Руководитель, исполнитель	7	9
Оценка результатов исследования	3	5	3,8	Руководитель, исполнитель	2	3
Составление пояснительной записки	7	16	11	Руководитель, исполнитель	6	8

Бюджет научно-технического исследования

Материальные затраты включают затраты на изготовление опытного образца. Все необходимое спецоборудование и затраты на его приобретение представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Смета затрат на реализацию проекта

Оборудование	Количество, шт	Цена за шт., руб	Стоимость комплекта, руб.
Резервуар вертикальный стальной	1	850000,00	850000,00
Резервуар вертикальный стальной с понтоном	1	1250000,00	1250000,00
Резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей	1	1200000,00	1200000,00
Люк лаз ЛЛ-600 (или люк лаз овальный ЛЛ 600х900) в первом поясе стенки	1	16301,60	16301,60
Люк световой ЛС-500	1	83751,36	83751,36
Клапан дыхательный с	2	15778,16	15778,16

огнепреградителем КДС-1500/250			
Огнепреградитель ОП-500 ААН	1	80012,46	80012,46
Патрубки вентиляционные ПВ-500	1	80984,57	80984,57
Патрубок приемно-раздаточный ППР-400	1	18470,17	18470,17
Патрубок монтажный ПМ- 500	1	46287,58	46287,58
Генератор пены ГПСС-2000	2	10917,59	21835,18
Кран сифонный КС-80	1	58625,95	58625,95
Пробоотборник секционный ПСР	1	40081,01	40081,01
Механизм управления хлопушкой МУ-2	1	160270,99	160270,99
Патрубок монтажный ПМ- 150	3	882,56	2647,68
Хлопушка ХП-400	1	81283,69	81283,69
ИТОГО:			При исполнении 1: 2872108,56
			При исполнении 2: 3272108,56
			При исполнении 3: 3222108,56

Для проведения научного исследования нам необходим компьютер, с установленными на него специальными программами и с нужным нам программным обеспечением.

Затраты на покупку компьютера:

$$З = d_k + d_{ло} = 25000 + 3000 = 28000$$

где d_k – стоимость компьютера;

$d_{но}$ – стоимость программного обеспечения.

Установка специальных программ для исследования и моделирования объекта производится бесплатно.

Основная заработная плата исполнителей темы

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист 90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

За основу оклада берется ставка работника ТПУ, согласно занимаемой должности. Из таблицы окладов для доцента (степень – кандидат наук) – 23264 руб., для ассистента (степень отсутствует) – 14584 руб.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость			Заработная плата на одного человека, тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифц, тыс.руб.		
Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Исполнитель	2	3	2	1,16	2,32	3,48	2,32
Выбор темы исследований	Руководитель	7	9	8	0,93	6,51	8,37	7,44
Составление и утверждение тех. задания	Руководитель	2	2	2	0,93	1,86	1,86	1,86
Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель	12	12	12	0,23	2,76	2,76	2,76
Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель	8	9	9	0,23	1,84	2,07	2,07
Проектирование	Исполнитель	6	9	8	0,23	1,38	2,07	1,84

ие 3D модели резервуара								
Оценка результатов исследования	Руководитель, Исполнитель	4	5	6	1,16	4,64	5,8	6,96
Составление пояснительной записки	Руководитель, Исполнитель	5	5	5	1,16	5,8	5,8	5,8
ИТОГО						27,1	32,21	31,05

Настоящая статья включает основную заработную плату работников непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{л} = З_{осн} + З_{доп}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = T_p \times З_{дн}$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \times M}{E_{л}} = \frac{54413 \times 10,1}{185} = 2661 \text{руб.}$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

ГД – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: - выходные - праздничные	118	118
Потери рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезни	62	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	185	175

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}} = 23264 \times (1 + 0,3 + 0,4) \times 1,3 = 51413.$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2- 0,5 (в НИИ на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы для исполнения 1

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, тыс. руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, тыс. руб.	$З_{\text{дн}}$, тыс. руб.	Тр, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, тыс. руб.
Руководитель	23264	0,3	0,4	1,3	51413	2,674	20	53,48
Исполнитель	14584	0	0	1,3	18959	1,126	37	41,66

Итого:	95,14
--------	-------

Таблица 24 – Расчет основной заработной платы для исполнения 2

Исполнители	Зтс, тыс.	кпр	кд	кр	Зм, тыс.	Здн, тыс.	Тр, раб.	Зосн, тыс.
	руб.				руб.	руб.	дн.	руб.
Руководитель	23264	0,3	0,4	1,3	51413	2,674	24	64,18
Исполнитель	14584	0	0	1,3	18959	1,126	43	48,41
Итого:								112,59

Таблица 25 – Расчет основной заработной платы для исполнения 2

Исполнители	Зтс, тыс. руб.	кпр	кд	кр	Зм, тыс. руб.	Здн, тыс. руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, тыс. руб.
Руководитель	23264	0,3	0,4	1,3	51413	2,674	28	74,87
Исполнитель	14584	0	0	1,3	18959	1,126	49	55,17
Итого:								130,04

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнители темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска ит.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,13 \times 53480 = 6952 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,13 \times 41660 = 5416 \text{ руб.}$$

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

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Для исполнения 2 расчет дополнительной заработной платы составит:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,13 \times 64180 = 8343;$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,13 \times 48410 = 6293$$

Для исполнения 3 расчет дополнительной заработной платы составит:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,13 \times 74870 = 9733 \text{ руб};$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,13 \times 55170 = 7172 \text{ руб}.$$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,271 \times (53480 + 6952) = 16377 \text{ руб};$$

Где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 26 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
-------------	--	--

	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	53,480	64,180	74,870	6,952	8,343	9,733
Исполнитель	41,660	48,410	55,170	5,416	6,293	7,172
Проекта						
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого:						
Исполнение 1	Исполнение 2		Исполнение 3			
29,134	34,478		39,822			

Прочие расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, пишущие принадлежности, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 27 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб. (исполнение 1)	Сумма, руб. (исполнение 2)	Сумма, руб. (исполнение 3)
1. Материальные затраты	2872108	3272108	
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	95140	112590	130040
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12368	14636	16905

4. Отчисления во внебюджетные фонды	29134	34478	39822
5. Затраты на покупку компьютера	28000	28000	28000
6. Прочие расходы	24000	24000	24000
7. Бюджет затрат НТИ	3060750	3485812	3460875

5.5 Определение ресурсоэффективности проекта

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

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{фин } p}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{фин } p}^{\text{исп } i}$ - интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Для 1-ого варианта исполнения имеем:

$$I_{\text{фин } p}^{\text{исп } i} = \frac{3060750}{3485812} = 0,878.$$

Для 2-ого варианта исполнения имеем:

$$I_{\text{фин р}}^{\text{исп } i} = \frac{3485812}{3485812} = 1.$$

Для 3-ого варианта исполнения имеем:

$$I_{\text{фин р}}^{\text{исп } i} = \frac{3460875}{3485812} = 0,993.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \times b_i$$

Где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 28 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Резервуар вертикальный стальной (исп. 1)	Резервуар вертикальный стальной с понтоном (исп. 2)	Резервуар вертикальный стальной с плавающей крышей (исп. 3)
1. Безопасность	0,1	5	4	4
2. Удобство эксплуатации	0,15	4	3	4

3. Срокслужбы	0,15	5	3	3
4. Ремонтопригодность	0,20	5	3	5
5. Надёжность	0,25	4	4	4
6. Материалоёмкость	0,15	5	4	3
Итого:	1	4,6	3,05	3,9

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p\text{--исп1}=0,1\cdot5+0,15\cdot4+0,15\cdot5+0,2\cdot5+0,25\cdot4+0,15\cdot5=4,6$$

$$I_p\text{--исп2}=0,1\cdot4+0,15\cdot3+0,15\cdot3+0,2\cdot3+0,25\cdot4+0,15\cdot4=3,05$$

$$I_p\text{--исп3}=0,1\cdot4+0,15\cdot4+0,15\cdot3+0,2\cdot5+0,25\cdot4+0,15\cdot3=3,9$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}; \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}}; \quad I_{исп.3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}^{исп.3}};$$

$$I_{исп1} = 5,24; \quad I_{исп2} = 3,05; \quad I_{исп3} = 3,93.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{спi}$):

$$\mathcal{E}_{спi} = \frac{I_{испи}}{I_{испmin}}$$

$$\mathcal{E}_{сп1}=1,72; \quad \mathcal{E}_{сп2}=1; \quad \mathcal{E}_{сп3}=1,29.$$

Таблица 29 – Сравнительная эффективность разработки

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист 99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп.2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель раз работки	0,878	1	0,993
2	Интегральный показатель ресурсоэффекти вности разработки	4,6	3,05	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	5,2 4	3,05	3,93
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,7 2	1	1,29

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Таким образом, резервуар вертикальный стальной остается эффективным и сохраняет конкурентоспособность.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НТИ, основная часть которого приходится на материальные затраты, связанные с приобретением спецоборудования. Все, вышеперечисленные технико-экономические показатели проекта, позволяют сделать вывод о том, что данная конструкция резервуара экономически выгодна.

6. Социальная ответственность. Введение

В данном разделе рассматривается возможное влияние используемого оборудования, сырья, энергии, продукции и условий работы человека на окружающую среду, а так же техника безопасности при работе с оборудованием и действия при чрезвычайных ситуациях.

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.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В области охраны труда и безопасности жизнедеятельности трудовую деятельность регламентируют следующие правовые, нормативные акты,

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м3		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Социальная ответственность	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					101
Консульт.							120
Рук-ль ООП		Брусник О.В.				ТПУ гр. 2Б6Б	

инструктивные акты в области охраны труда и отраслевые документы:

- Закон об основах охраны труда в РФ №181-ФЗ от 17.07.1999 г (с изменениями от 20 мая 2002 г., 10 января 2003 г., 9 мая, 26 декабря 2005 г.).
- Федеральный закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов 116-ФЗ от 21.07.1997 г. с изменениями от 7.08.2000 г.
- Трудовой кодекс №197-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.04.2014)
- Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности ПБ 08-624-03
- Инструкции по технике безопасности предприятия.
- Порядок разработки деклараций безопасности промышленного объекта РФ. МЧС, Госгортехнадзор №222/59 от 4.04.1996 г.
- ГОСТ 12.0001-82 ССБТ «Система стандартов безопасности труда»
- Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. СНиП .21/2.11.567-96 от 31.10.1996 г.
- Закон о пожарной безопасности №69-ФЗ, принят 21.12.1994 г (с дополнениями и изменениями от 22.08.1995 г, от 18.04.1996г, от 2.01.1998 г, от 11.2000 г. от 27.12.2000 г.)
- Пожарная охрана предприятий. Общие требования. НБТ - 201-96, утв. 01.03.1992г.
- Правила пожарной безопасности РФ ППБ-01-93. МВД РФ 14.12.1993 г., дополнения к ним от 25.07.1995 г.

Из вышеупомянутых документов можно сделать вывод: эксплуатационно-монтажные работы проводятся лицами, работающими вахтовым методом. Данный вид работ регулируется Трудовым Кодексом РФ. К работам, выполняемым вахтовым методом, не могут привлекаться работники в возрасте до восемнадцати лет, беременные женщины и женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, а также лица, имеющие 31 противопоказания к выполнению работ вахтовым методом в соответствии с медицинским заключением, выданным в порядке, установленном

					Социальная ответственность.	Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации. Вахтой считается общий период, включающий время выполнения работ на объекте и время междусменного отдыха. Продолжительность вахты не должна превышать одного месяца. Рабочее время и время отдыха в пределах учетного периода регламентируются графиком работы на вахте, который утверждается работодателем. Работникам, выполняющим работы вахтовым методом, предоставляются надбавки и коэффициенты к заработной плате, а также социальные пакеты (пенсионный фонд, медицинская страховка, оплата санаторного лечения, оплата путевок в детские лагеря и др.). Рациональная организация рабочей зоны обеспечивает удобную рабочую позу, возможность применения передовых приемов и методов труда, минимальные траектории движений рабочего и движений предметов труда, соблюдение строгой последовательности, при которой один элемент работы плавно переходит в другой. При этом размещение средств оснащения и предметов труда должно подчиняться основным требованиям, нарушение которых ведет к непроизводительным затратам рабочего времени и энергии работника, преждевременному утомлению и снижению производительности труда, нерациональному использованию производственных площадей.

6.2 Производственная безопасность

Рассмотрим вредные и опасные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при обслуживании резервуарного парка. Нормативные значения этих факторов и мероприятия, направленные на снижение или устранение этих факторов можно увидеть в таблице 30.

					Социальная ответственность.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Проектирование	Ремонт	Эксплуатация	
1. Оборудование трубопроводы, работающие под давлением	+	+	+	ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ[1] ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ[2]
2. Отклонение показателей Микроклимата		+	+	СанПиН 2.2.4.548-96[3] ГОСТ 12.0.003-2015[4] СНиП 2.04.14-88* [5]
3. Превышение уровней шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [6]
4. Превышение уровней вибрации		+	+	ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ[7] ГОСТ ISO 2954-2014 [8]
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03[9]
6. Повышенная запыленность и загазованность	+	+	+	СанПиН 2.2.4.1294-03[10] ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ[11]
7. Контакт с животными, пресмыкающимися	+	+	+	Р 3.5.2.2487-09[12]
8. Движущиеся машины и механизмы	+	+	+	ГОСТ 12.1.003 -14*[13]
9. Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ ИЕС 61140-2012[14] ГОСТ Р 12.4.234-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ)[15]

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны:

					Социальная ответственность.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		104

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, 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, ежечасно 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.

Интенсивность теплового облучения от работающих агрегатов и от нагретых поверхностей не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м² при облучении 25-50% поверхности тела и 100 Вт/м² при облучении менее 25%. Максимальная температура при этом 28°С (301 К).

Для поддержания микроклимата предусматриваются приточная и вытяжная вентиляции, нагреватели и кондиционеры. Профилактика перегревания работников осуществляется организацией рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха, использования средств индивидуальной защиты.

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

					Социальная ответственность.	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

Интенсивность теплового облучения от работающих агрегатов и от нагретых поверхностей не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м² при облучении 25-50% поверхности тела и 100 Вт/м² при облучении менее 25%. Максимальная температура при этом 28°C (301 К).

Превышение уровней шума.

Уровни шума на рабочих местах не должны превышать значений, установленных СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 и составляют не более 50 дБА. На рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов уровень шума не должен превышать 75 дБА, а уровень вибрации в помещениях допустимых значений по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 категория 3, тип «в». Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления, превышающими 135 дБА.

Снизить уровень шума в помещениях можно с использованием средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи) с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки стен и потолка помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создают однотонные занавески из плотной ткани, повешенные в складку на расстоянии 15-20 см от ограждения. Ширина занавески должна быть в 2 раза больше ширины окна.

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

Превышение уровней вибрации

Для санитарного нормирования и контроля используются средние квадратические значения виброускорения или виброскорости, а также их логарифмические уровни в децибелах. Для первой категории общей

					Социальная ответственность.	Лист
Изм.	Лист	0.	Подпись	Дата		106

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.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для резервуарных парков и участков работ необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог. 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 в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализатора или рудничной лампы. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Предельно допустимая концентрация пыли, как вещества умеренно опасного, в воздухе рабочей зоны составляет 1,1-10 мг/м³, для природного газа ПДК 300 мг/м³.

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

Уменьшение неблагоприятного воздействия запыленности и загазованности воздуха достигается за счет регулярной вентиляции рабочей зоны. Работающие в условиях пылеобразования должны быть в противопыльных респираторах, защитных очках и комбинезонах. При

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

загазованности траншеи или котлована в результате утечки газа необходимо прекратить работу и вывести людей, запретив курить, зажигать спички или пользоваться открытым огнем.

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 оборудования, работающего под давлением, распространяются:

- 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 бочки для транспортирования и хранения сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50 °С превышает давление 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.

Основным требованием к конструкции оборудования работающего под высоким давлением является надежность обеспечения безопасности при 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. Ответственность за исправное состояние и

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

безопасную эксплуатацию сосудов должна быть возложена на специалиста, которому подчинен персонал, обслуживающий сосуды.

Пожарная и взрывная безопасность

В процессе хранения нефти в резервуаре, углеводороды, входящие в состав нефтяных паров при взаимодействии с воздухом, образуют взрывоопасную смесь. Одна из причин образования паровоздушных смесей это утечки через фланцевые соединения приемо-раздаточных патрубков резервуара. Нефть относится к категории и группе взрывоопасных смесей - ПА–ТЗ, где ПА – категория смеси, соответствующая промышленным парам нефти, ТЗ – группа, соответствующая температуре самовоспламенения свыше 200°С до 300°С.

Резервуарный парк относится:

- к категории «А» по взрыво- и пожароопасности;
- к классу взрывоопасности «В-1а»;
- к категории молниезащиты «II».

С целью обеспечения взрыво- и пожаробезопасности в резервуарных парках для паров углеводородов установлена предельно-допустимая взрывобезопасная концентрация ПДВК = 2100мг/м³ .

Все работники должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа.

Вся передвижная техника в охранной зоне МГ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления. Самоходная техника, сварочные агрегаты, компрессоры, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны быть обеспечены не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10. В помещениях на видных местах должны быть вывешены таблички с указанием порядка вызова пожарной охраны. Объект необходимо обеспечить прямой связью с ближайшим подразделением пожарной охраны или оператором КС. При работе категорически запрещается курить на рабочем месте. На рабочих местах

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

должны быть вывешены предупредительные надписи: “Не курить”, “Огнеопасно”, “Взрывоопасно”.

В случае возникновения пожара использовать пенные, порошковые, углекислотные огнетушители или приспособления для распыления воды.

6.3 Экологическая безопасность

При эксплуатации необходим осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей среды, которые должны включать предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение попадания загрязняющих веществ в почву, водоёмы и атмосферу.

Перед началом производства работ следует выполнить следующие работы:

- оформить в природоохранных органах все разрешения, согласования и лицензии, необходимые для производства работ по данному объекту;
- заключить договора со специализированными организациями на сдачу отходов, грунта, сточных вод образующихся в процессе производства работ;
- оборудовать места временного размещения отходов в соответствии с нормативными требованиями.

При организации ремонта необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей среды, которые должны включать предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение попадания загрязняющих веществ в почву, водоемы и атмосферу.

Защита атмосферы

При хранении нефтепродуктов в резервуаре образовывается газозоодушная 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. Также поддержание всего транспортного парка в исправном состоянии, осуществление постоянного контроля на соответствие требованиям

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

нормативов уровня выбросов в атмосферу оксидов азота и окиси углерода в составе выхлопных газов и регулировка двигателей [15].

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

Защита гидросферы

Производственно-дождевые сточные воды нефтеперекачивающих станций и нефтебаз перед сбросом их в водоемы и водотоки должны быть очищены. Необходимая степень очистки должна быть обоснована с учетом места сброса сточных вод и установленного норматива предельно допустимого сброса загрязняющего вещества.

Нормы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ со сточными водами устанавливаются в разрешениях на специальное водопользование в соответствии с «Инструкцией о порядке согласования и выдачи разрешений на спецводопользование» [16].

При попадании нефти в водоемы, необходимо ликвидировать ее дальнейшее распространение с помощью боновых заграждений и удалить нефтесборщиками. Собранную нефть размещают в специальных сборных резервуарах для последующей утилизации, исключаяющей вторичное загрязнение производственных объектов и объектов окружающей среды. Тонкие слои нефти, оставшиеся на поверхности воды после сбора нефтесборщиками, нефть, оставшаяся в лагунах, рукавах, заливах, убирается сорбентами. Остаточные нефтяные загрязнения, нефть, оставшаяся на плесах, берегах, между растительностью, смываются водой, собираются на поверхности воды между берегом и боновыми заграждениями, затем убирается с помощью сорбентов, которые наносятся на водную поверхность и после пропитывания остаточной нефтью собираются и вывозятся на специальные полигоны, где утилизируются или сжигаются.

Защита литосферы

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

Литосфера – твердая оболочка Земли, включающая земную кору и мантию. Почва, наряду с Мировым океаном оказывает решающее значение на всю биосферу. Активно участвует в круговороте веществ и энергии в природе, поддерживает газовый состав атмосферы Земли.

Источниками загрязнения почвы нефтью на нефтеперекачивающих станциях магистральных нефтепроводов и нефтебазах являются неплотности запорной арматуры, фланцевых и муфтовых соединений, сварных стыков; утечки вследствие коррозионных повреждений резервуаров; продукты зачистки резервуаров.

Загрязнение почв нефтешламом приводит к значительному экологическому и экономическому ущербу: понижается продуктивность лесных ресурсов, ухудшается санитарное состояние окружающей среды.

Приказом по предприятию назначается лицо, ответственное за сбор, временное хранение и организацию своевременного вывоза нефтешлама, образующихся в результате проведения работ. На участке должен проводиться постоянный контроль за состоянием рабочих емкостей и контейнеров с отходами. Места временного хранения и накопления отходов должны соответствовать требованиям техники безопасности, санитарногигиеническим нормам и выше перечисленным инструкциям. Места сбора и накопления отходов должны быть оборудованы углекислотными огнетушителями, ящиками с песком, лопатой, войлоком, кошмой или асбестом.

Земельные участки, отведенные в постоянное пользование, благоустраиваются с использованием предварительно снятого почвеннорастительного 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.

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

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

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

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, опасного природного процесса, стихийного бедствия, которая приводит к человеческим жертвам, наносит ущерб здоровью населения и природной среде, а также вызывает значительные материальные потери и нарушение условий жизни людей [17].

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.

Чрезвычайные ситуации в резервуарном парке могут возникнуть поразличным причинам, например:

- паводковые наводнения;
- лесные пожары;
- по причинам техногенного характера (аварии) и др.

Аварии могут привести к чрезвычайным ситуациям. Возможными причинами аварий могут быть:

- ошибочные действия персонала при производстве работ;
- отказ приборов контроля и сигнализации;
- отказ электрооборудования и отключение электроэнергии;
- производство ремонтных работ без соблюдения необходимых организационно-технических мероприятий;
- старение оборудования (моральный или физический износ);
- факторы внешнего воздействия (ураганы, удары молнией и др.).

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

Одними из примеров чрезвычайных ситуаций могут быть пожары или взрывы при проведении работ в газоопасных местах при очистке резервуара.

Данные пожары и взрывы относятся к чрезвычайным ситуациям техногенного характера. С целью предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с возникновением взрывов или пожаров необходимо применить следующие меры безопасности:

- перед началом работ переносным газоанализатором проверяется уровень загазованности воздушной среды, при этом содержание паров нефти и газов не должно превышать предельно –допустимой концентрации по санитарным нормам;

- в процессе работы следует периодически контролировать загазованность, а в случае необходимости обеспечить принудительную вентиляцию;

- для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности работники должны быть оснащены спецодеждой, спецобувью и другие средства индивидуальной защиты (очки, перчатки, каски), которые предусмотрены типовыми и отраслевыми нормами [18].

Порядок оповещения в ЧС:

Первичная информация о чрезвычайной ситуации поступает на пульт старшему сотруднику охраны [19].

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;

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

- ☐ по техническим средствам связи объявить сигнал «Объявлен сбор» и сообщить информацию городской пожарной части;
- ☐ 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;

Выводы по разделу

Хочется отметить, что резервуары входят в состав опасных производственных объектов и возможное влияние на ситуации, связанные с безопасной работой оборудования, с комфортным и правильным условиям труда сотрудников, с загрязнением окружающей среды хочется снизить. В разделе были рассмотрены опасные и вредные факторы, оказываемые на людей при монтаже, эксплуатации резервуаров, а также способы защиты и предупреждения. Всевозможные аварийные последствия, которые связаны с безопасностью труда работников, а также условиями охраны окружающей среды необходимо снизить.

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

Заключение

В ходе проведения выпускной квалификационной работы были рассмотрены конструктивные особенности и технические параметры резервуара вертикального стального (РВС) 10000м³. Для рассматриваемого резервуара был проведен аналитический расчет номинальных значений толщин стенок, крыши и днища. По результатам 3Д сканирования поверхностей РВС была построена объемная геометрическая модель в точности повторяющая геометрию РВС. Разработанная геометрическая модель послужила основой для создания расчетной модели в программном комплексе метода конечных элементов ANSYS. В результате проведенных расчетов были определены поля напряжений, деформаций и перемещений, характерные материалу конструкции. Полученные значения сравнивались с допустимыми согласно ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Методы расчета на прочность», ГОСТ Р 52857.11-2007 «Нормы проектирования Стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 м³ РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04» Из проведенного сравнения выяснилось, что максимальные расчетные напряжения не превышают величину допустимых значений.

В разделе социальная ответственность рассмотрены опасные и вредные факторы, оказываемые на людей при строительстве, монтаже и эксплуатации резервуара вертикального стального типа РВС 10000 м³, а также способы защиты и предупреждения. Рассмотрен фактор воздействия на окружающую среду и мероприятия по их устранению.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения рассмотрена ресурсная, финансовая и экономическая эффективность исследования. Определен интегральный показатель эффективности научного исследования.

эффективности научного исследования.					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м3				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Ахметова М.Т.			Заключение	Лит.	Лист	Листов	
Руковод.		Чухарева Н.В.						116	120
Консульт.						ТПУ гр. 2Б6Б			
Рук-ль ООП		Брусник О.В.							

Список использованной литературы

1. Аварии и надежность стальных резервуаров. И. М. Розенштейн.
2. Исследование напряженно-деформированного состояния стенки резервуара при неравномерных осадках основания Хоперского Г.Г.
3. Напряженно-деформированное состояние крупногабаритных резервуаров при ремонтных работах Тарасенко А.А.
4. Резервуары вертикальные стальные, обеспечение надежности РВС в эксплуатации. Малин А.Д.
5. Разработка научных основ методов ремонта вертикальных стальных резервуаров Буренин А.А.
6. Методика бесконтактного диагностирования топологии вмятин на нефтеналивных резервуарах. Сметанников О.О.
7. Причины разрушения РВС Галеев В.Б.
8. Сооружение газохранилищ и нефтебаз Стулов Т.Т.
9. Принципы конструирования и экспериментально-теоретические исследования крупногабаритных резервуаров Землянского А.А.
10. ПБ 03-605-03 Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов
11. ГОСТ 31385-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.
12. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства.
13. ГОСТ Р 56542-2015 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
14. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

					Применение технологий 3D-сканирования для обеспечения безопасной эксплуатации нефтяного вертикального стального резервуара типа РВС-10000 м3		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметова М.Т.			Список использованных источников	Лит.	Лист
Руковод.		Чухарева Н.В.					Листов
Консульт.							117
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					120
						ТПУ гр. 2Б6Б	

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

15. ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования.
16. ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
17. Бигус Г.А. Основы диагностики технических устройств и сооружений / Г.А. Бигус, Ю.Ф. Даниев, Н.А. Быстрова, Д.И. Галкин. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – С. 445.
18. ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
19. ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
20. ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
21. Ермолов И.Н., Алешин Н.П., Потапов А.И. Акустические методы контроля. Книга 2.
22. Глянько М.А. Техническое обследование резервуаров для нефти и нефтепродуктов методом магнитной диагностики.
23. Состояние, проблемы и перспективы применения технологии наземного лазерного сканирования для обследования вертикальных стальных, шаровых и горизонтальных резервуаров нефти и газа. Игнатьева С.С., Комиссаров А.В.
24. Правила технической эксплуатации резервуаров магистральных нефтепроводов и нефтебаз РД 153-39.4-078-01.
25. РД 03-606-03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю.
26. СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция
27. СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии.

28. Федеральный закон. О промышленной безопасности опасных производственных объектов от 21.07.1997. №116–ФЗ.
29. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
30. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
31. ГОСТ 12.2.033-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
32. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
33. ГОСТ 12.1.045-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
34. ГОСТ 12.1.002-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
35. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
36. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.
37. ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие требования.
38. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
39. ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
40. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

41. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
42. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
43. ГОСТ 12.4.034-2001 (ЕН 133-90). ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка.
44. Амелькович Ю.А. Безопасность жизнедеятельности – Томск, 2010. – 236 с.
45. ГОСТ 12.1.029-80. Средства и методы защиты от шума. Классификация.
46. ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования.
47. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (Техносферная безопасность): Учебник. – М.: Изд-во Юрайт, 2013. – 682