

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Отделение нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений»

УДК 621.642.3-025.71-034.14-027.45

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ72	Ахметзянов Э.Р.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	д.т.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Романюк В.Б.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Шадрина А. В.	д.т.н, доцент		

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ МАГИСТРА

Планируемые результаты обучения

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем, соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)	ОК-1; ОК-2; ОК-3, ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-6; ПК-7; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК19; ПК-20; ПК-21; ПК-23
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в сложных и неопределённых условиях; использовать принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	ОК-1; ОК-2; ОПК-2; ОПК4; ОПК-6; ПК-1; ПК-2; ПК3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-14; ПК-15; ПК-17; ПК18; ПК-19; ПК-20; ПК-22; ПК-23
P3	Проявлять профессиональную осведомленность о передовых знаниях и открытиях в области нефтегазовых технологий с учетом передового отечественного и зарубежного опыта; использовать инновационный подход при разработке новых идей и методов проектирования объектов нефтегазового комплекса для решения инженерных задач развития нефтегазовых технологий, модернизации и усовершенствования нефтегазового производства.	ОК-1; ОК-2; ОПК-1; ОПК2; ОПК-3; ОПК-6; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК-2; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-18; ПК20; ПК-21; ПК-22; ПК-23
P4	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК3; ПК-6; ПК-9; ПК-10; ПК11; ПК-14; ПК-16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-21; ПК22;
P5	Быстро ориентироваться и выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях, владеть методами и средствами математического моделирования технологических процессов и объектов	ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК2; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-17; ПК-20;
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при разработке и реализации проектов, проводить экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность.	ОК-2; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-7, ОПК-8, ПК1; ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК16; ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20; ПК-21; ПК-22; ПК23
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-6; ПК-6; ПК-11; ПК12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-23

	ответственность за результаты работы	
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	ОК-1; ОК-2; ОК-3; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4; ОПК-5; ОПК-7, ОПК-8, ПК-1; ПК8; ПК-23

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»

Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП ОНД ИШПР

(Ф.И.О.) (Подпись) Шадрина А.В. (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ72	Ахметзянову Эльдару Ринатовичу

Тема работы:

«Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений»
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 11.02.2019 г. №1064/с
---	--------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

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

Объект исследования: вертикальный стальной резервуар объемом 2000 куб. м, расположенный в Тюменской области

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>	Выполнить обзор оснований и фундаментов, выявить основные причины повышение надежности резервуаров в процессе эксплуатации путем внедрения новых конструктивных решений. С помощью программного обеспечения ANSYS построить и проверить на адекватность полученную модель РВС-2000. Получить действующие напряжения и перемещения с дефектом в конструкции резервуара случаях заполненного и опорожненного резервуара, при воздействии эксплуатационных нагрузок. Сравнить напряжение в дефекте с новым конструктивным решением в основание и без основания.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Рисунки, таблицы, диаграммы, графики

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Романюк В.Б., доцент, к.э.н.
«Социальная ответственность»	Черемискина М. С., ассистент

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

1. Методы повышение надежности эксплуатации РВС
2. Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений в основания фундаментов
3. Вертикальный стальной резервуар с защитной стенкой
4. Резервуар с мультицилиндрической стенкой

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	д.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ72	Ахметзянов Эльдар Ринатович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ72	Ахметзянов Эльдар Ринатович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	21.04.01 Нефтегазовое дело / надежность газонефтепроводов и хранилищ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект исследования - резервуар вертикальный стальной. Область применения: предназначен для приёма, хранения, подготовки, учёта (количественного и качественного) и выдачи жидких продуктов. Исследование напряженно-деформированного состояния будем проводить за компьютером, в программном обеспечении ANSYS
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность – 1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации РВС-2000. – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведения допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты. 1.2 Анализ выявленных вредных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований. – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты).	1. Производственная безопасность 1.1 При эксплуатации резервуара выявлены следующие виды вредных и опасных факторов: – повышенная загазованность воздуха рабочей зоны; – оборудование, работающее под давлением – пожарная и взрывная безопасность 1.2 При выполнении работы могут возникнуть следующие виды вредных факторов: – отклонение показателей микроклимата – повышенный уровень шума и вибрации; – недостаточная освещенность; – повышенный уровень электромагнитных излучений.
2. Экологическая безопасность – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению	2. Экологическая безопасность – загрязнение выбросами при испарении нефти из резервуаров; – утечки в случае разлива нефти из резервуара; – загрязнение почвы нефтешламом, образующихся при работах.

экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	3. 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 могут возникнуть по причинам природного характера (гроза, пожар) или по причинам техногенного характера (аварии). При исследовании НДС резервуара может возникнуть пожар.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	4. 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).

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент ООД, ШБИП	Черемискина М.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ72	Ахметзянов Эльдар Ринатович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ72	Ахметзянову Эльдару Ринатовичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	21.01.01 Нефтегазовое дело

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	В данном разделе ВКР необходимо представить: график выполнения работ, в соответствии с ВКР; трудоёмкость выполнения операций; нормативно-правовую базу, используемую для расчётов; результаты расчётов затрат на выполняемые работы; оценить эффективность нововведений и др. Раздел ВКР должен включать: методику расчёта показателей; исходные данные для расчёта и их источники; результаты расчётов и их анализ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочников Единых норм времени (ЕНВ) и др.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет затрат и финансового результата реализации проекта
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	График выполнения работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности внедрения новой техники или технологии

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Организационная структура управления
2. Линейный календарный график выполнения работ
3. Графики динамики и сравнения показателей

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романюк В.Б.	к.э.н, доцент		06.05.2019г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ72	Ахметзянов Эльдар Ринатович		06.05.2019г

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Надежность газонефтепроводов и хранилищ»
 Уровень образования магистр
 Отделение нефтегазового дела
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.05.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.02.2019	<i>Обзор литературы</i>	10
15.02.2019	<i>Общие сведения об объекте исследования</i>	10
01.03.2019	<i>Построение методики расчета</i>	15
22.03.2019	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	15
03.04.2019	<i>Социальная ответственность</i>	15
20.04.2019	<i>Приложение на иностранном языке</i>	15
28.04.2019	<i>Заключение</i>	5
20.05.2019	<i>Презентация</i>	15
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	д.т.н, доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Шадрина А. В.	д.т.н, доцент		

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация включает 134 страницу текстового материала, 61 рисунок, 25 таблиц, 56 источников.

Ключевые слова: вертикальный стальной резервуар, надежность, аналитический метод, численный метод, программное обеспечение.

Объект исследования: вертикальный стальной очистной резервуар объемом 2000 куб. м, расположенный в Тюменской области.

Цель работы – анализ и обоснование технических решений для безопасной эксплуатации резервуаров в условиях Крайнего Севера.

Результаты исследования при исследовании напряженно-деформированного состояния резервуара с дефектом в первом поясе были выявлены максимальные вертикальные перемещения в дефекте. Было проведено сравнение дефектов в стенке резервуара на напряженно-деформированное состояние.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: моделирование конечно-элементного объекта в программном обеспечении ANSYS с учетом всех эксплуатационных нагрузок и адекватность полученной модели.

Область применения: нефтяные предприятия.

					Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Ахметзянов Э.Р				Реферат	Лит.	Лист
Руковод.	Шадрина А.В.						Листов
Консульт.							10
Проверила	Шадрина А.В.						134
						ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72	

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

нефтяной резервуар – Искусственно созданная ёмкость для хранения нефти и продуктов её переработки.

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, хранения и транспортирования.

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;

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);

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;

фундамент - это часть сооружения, передающая нагрузку от веса сооружения на грунты основания и распределяющая эту нагрузку на такую площадь основания, при которой давления по подошве не превышают расчетные.

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.

радиационный контроль – это вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом.

аналитический метод – это частная задача общей теории цилиндрической оболочки.

метод конечных элементов – это численный метод, позволяющий решать широкий спектр физических задач, которые математически формулируются с помощью систем дифференциальных уравнений.

					<i>Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений</i>								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата									
Разраб.		Ахметзянов Э.Р			Определения			Лит.		Лист		Листов	
Руковод.		Шадрина А.В.								11		134	
Консульт.								ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72					
Проверила		Шадрина А.В.											

Обозначения и сокращения

РВС – резервуар вертикальный стальной;

ЗС – защитная стенка;

ТЭК – топливно-энергетического комплекс;

РП – резервуарном парк;

ОПО – опасно производственный объект;

НК – неразрушающий контроль;

ЛНК – лаборатория неразрушающего контроля;

ВИК – визуально измерительный контроль;

УЗК – ультразвуковой контроль;

РК– радиографический контроль;

НДС – напряженно-деформированное состояния;

МКЭ – метод конечных элементов;

ПЭВМ – персональная электро-вычислительная машина.

					<i>Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Обозначения и сокращения</i>		
<i>Разраб.</i>		<i>Ахметзянов Э.Р</i>					
<i>Руковод.</i>		<i>Шадрина А.В.</i>					
<i>Консульт.</i>							
<i>Проверила</i>		<i>Шадрина А.В.</i>					
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						12	134
					<i>ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72</i>		

Оглавление

Введение	15
Глава 1. Методы повышение надежности эксплуатации РВС.....	17
1.1 Общие сведения о грунтах	20
1.1.1 Классы грунтов.....	21
1.2 Основания и фундаменты под РВС	23
1.2.1 Естественное основание с подсыпкой.....	23
1.2.2 Искусственные основания.....	25
1.2.3 Фундаменты под резервуары вертикальные стальные	26
1.3 Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений в основания фундаментов	27
1.4 Вертикальный стальной резервуар с защитной стенкой.....	33
1.5 Резервуар с мультицилиндрической стенкой.....	34
1.6 Методы и средства неразрушающего контроля для оценки надежности резервуаров	36
1.6.1 Методы и средства неразрушающего контроля	38
1.6.2 Выявляемость различных дефектов резервуаров эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера	50
Глава 2. Аналитический и численный методы расчета резервуара.....	57
2.1 Аналитический метод расчета напряженно-деформированного состояния резервуара. ..	57
2.2 Численный метод расчета напряженно деформированного состояние резервуара. Конечно-элементная модель РВС-2000.	62
2.2.1 Геометрическое моделирование РВС 2000	63
2.2.2 Конечно-элементная модель	64
2.2.3 Начальные и граничные условия	65
2. 2.4 Проверка адекватности построенной модели РВС-2000	70
Глава 3. Исследование НДС резервуара при наличии дефекта в стенке.....	71
3.1 Построение приемо-раздаточных патрубков РВС-2000.	71
3.2 Условия создания дефекта.	73
3.3 Расчетная схема нагрузок, приложенных к модели.	74
3.4 Результаты расчета первого дефекта	76
3.5 Результаты расчета второго дефекта.	84
3.6 Сравнение дефектов.....	92
Глава 4. Социальная ответственность	96
4.1 Производственная безопасность	97

					Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметзянов Э.Р			Оглавление	Лит.	Лист
Руковод.		Шадрина А.В.					Листов
Консульт.							13
Проверила		Шадрина А.В.					134
						ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72	

4.1.1 Анализ вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению	97
4.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований резервуара	100
4.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	102
4.2 Экологическая безопасность	103
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	106
4.3.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации ПЭВМ	109
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	110
4.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства при выполнении работ за ПЭВМ	110
4.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	111
Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	113
5.1. Техничко-экономическое обоснование продолжительности работ	113
5.1.2 Расчет затрат времени и труда	114
5.1.3 Расчет расходов на заработную плату	115
5.1.4 Расчет затрат на электроэнергию и материалы	116
5.1.5 Расчет затрат на амортизацию	117
5.1.6 Расчет всех затрат	117
5.1.7 Оценка экономической эффективности мероприятия	118
Заключение	119
Приложение А	126

Введение

Стальные вертикальные резервуары в системе магистрального трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов являются опасными производственными объектами, из которых 70 % эксплуатируются более 20 лет.

В процессе их эксплуатации постепенно снижается несущая способность нагруженных элементов конструкции. Поэтому вопросы обеспечения надежности стальных вертикальных резервуаров при продлении сроков их службы являются актуальными.

Стальные вертикальные резервуары относятся к числу ответственных сварных конструкций, работающих в условиях одновременного воздействия статических внутренних и внешних силовых факторов. Наличие в резервуарах жестких сварных соединений и снижение пластических свойств металла при отрицательных температурах вызывают значительные внутренние напряжения и создают условия, исключающие возможность их перераспределения.

Объектом исследования является стальной вертикальный резервуар объёмом 5000 куб. м. (РВС).

Цель работы – анализ и обоснование технических решений для безопасной эксплуатации резервуаров в условиях Крайнего Севера.

Основные Задачи:

- Характеристика объекта исследования и его основные параметры;
 - Анализ методов повышения эксплуатационной надежности резервуаров в условиях Крайнего Севера;
- ✓ Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений в основания фундаментов;

					<i>Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметзянов Э.Р.			Введение		
Руковод.		Шадрина А.В.					
Консульт.							
Проверила		Шадрина А.В.					
						Лит.	Лист
							15
							Листов
							134
						ТПУ, ИШПР	
						Группа 2БМ72	

- Построение геометрической модели РВС-2000 в программном обеспечении ANSYS

- ✓ Обоснования адекватности построенной модели;
- ✓ Расставить приложенные нагрузки, действующие на резервуар;
- ✓ Сравнение напряжений в дефекте с новым конструктивным решением.

Коррозионные процессы, развивающиеся на внутренней поверхности стенки, на кровле и днище резервуаров, с течением времени приводят к значительному износу металла и, как следствие, к снижению несущей способности.

Указанная проблема усугубляется наличием большого количества различных видов дефектов элементов конструкции резервуаров, выявленных при диагностировании, что предопределяет выбор стратегии ремонта по техническому состоянию.

В процессе эксплуатации резервуаров имеет место снижение уровня взлива транспортируемого продукта, что ведет к снижению напряженно-деформированного состояния элементов конструкций резервуара. Тем самым снижается риск аварийной ситуации.

Обеспечение надежности и увеличение продолжительности эксплуатации резервуаров требуют комплексного рассмотрения вопросов снижения несущей способности, диагностики и ремонта, установления режимов работы.

Несмотря на практическую ценность разработанных технической и методической баз обеспечения надежности стальных вертикальных резервуаров, некоторые вопросы, в частности вопросы продления срока службы длительно эксплуатирующихся резервуаров, остаются открытыми.

В настоящее время одной из важнейших проблем является разработка теории надежности и ресурса элементов конструкции резервуаров на период износа и старения.

Глава 1. Методы повышение надежности эксплуатации РВС

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, хранения и транспортирования.

Надежность и долговечность резервуаров определяются, в первую очередь, свойством его конструкции выполнять функции приема, хранения и отбора из него нефти и нефтепродуктов при заданных технических параметрах. Оценка уровня надежности резервуара и его элементов проводится по установленным параметрам конструкции, которые определяются технической документацией с пределами [16]. Определенными критериями, характеризующими эксплуатационную надежность резервуаров, являются:

- 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;
- 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);

					Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений								
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата									
Разраб.		Ахметзянов Э.Р			Методы повышение надежности эксплуатации РВС			Лит.		Лист		Листов	
Руковод..		Шадрина А.В.								17		134	
Консульт.								ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72					
Проверила		Шадрина А.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;
- ремонтпригодность элементов резервуаров заключается в приспособленности элементов к предупреждению и обнаружению неисправности, а также и их ремонта в период обслуживания до наступления отказа. Затраты труда, времени и средств на ремонтные работы определяют ремонтпригодность.

На этапе эксплуатации на надежность резервуара оказывают воздействие различные факторы [5]:

- внутренние напряжения в конструкциях, не соответствующие проектным значениям;
- внешние воздействия;
- система технического обслуживания;
- квалификация обслуживающего и ремонтного персонала.

Особое внимание следует уделить дефектам, возникающим на этапах изготовления, монтажа, эксплуатации конструкции. Изменяя проектное состояние резервуара, указанные факторы снижают срок службы конструкции.

При определении срока службы резервуаров с различными дефектами в большинстве случаев оценивается индивидуальный остаточный ресурс резервуаров, который вычисляется на основе малоциклового разрушения, исходя из предположения, что в металле стенки с годами развиваются трещины. Однако такой метод не учитывает многих факторов (например, суточного изменения температуры стенки и др.).

					Методы повышения надежности эксплуатации РВС	Лист 18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таким образом, есть основания полагать, что на сегодняшний день вопрос обеспечения надежности резервуарных конструкций остается нерешенным. Проблема повышения надежности резервуарных конструкций должна решаться на всех этапах их жизненного цикла: при проектировании, при изготовлении, при монтаже и испытаниях, при эксплуатации и диагностировании резервуаров.

Рассмотрим понятия «техническая система» и «сложная техническая система». Техническая система – это целостное образование, состоящее из взаимодействующих (взаимосвязанных) компонентов и обладающее свойствами, которые не сводятся к свойствам этих компонентов и не выводятся из них. Сложная техническая система – система, состоящая из разнотипных (разнородных) элементов с разнотипными связями.

Поскольку резервуары состоят из множества разнотипных конструктивных элементов, то можно сделать вывод, что резервуары для нефти и нефтепродуктов являются сложными техническими системами.

Очевидно, что для создания расчетной модели обеспечения надежности резервуаров как сложных ТС на стадиях ЖЦ и учета в ней всех факторов риска необходимо адекватно целям и задачам из существующих методов моделирования сложных объектов и процессов выбрать наиболее подходящий. Подходы, применимые для системного анализа надежности и безопасности резервуаров на стадиях ЖЦ, – статистический, экспериментальный, моделирование и экспертный – обладают некоторыми особенностями.

Статистический подход заключается в том, что уровни опасности и состояние элементов риска принимаются на основе статистических данных. Этот подход требует отлаженной системы сбора и обработки конкретной информации, он малоэффективен в тех случаях, когда отсутствуют данные, необходимые для оценки эффективности принципиально новых процессов, и

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

затруднителен из-за невозможности учета всего опыта, накопленного в других сложных системах, по причине их существенного различия.

Экспериментальный подход не обеспечивает требуемой оперативности выявления интересующих исследователя закономерностей и требует больших затрат на проведение натурных испытаний; более того, он не может быть использован для опасных технологических процессов, поскольку это связано с угрозой здоровью людей, а также с крупным ущербом материальным и природным ресурсам[1].

Моделирование лишено части перечисленных недостатков, но требует больших затрат времени для подготовки моделей интересующих процессов, а затем и для качественного и количественного анализа этих моделей. Также стоит отметить зависимость полученного результата от достоверности созданной модели. В методах моделирования, основанных на детерминированных моделях, для описания опасности и уязвимости используются константы. В результате расчетов получаются детерминированные оценки возможных потерь от развития аварий, на основе которых оцениваются риски.

Метод экспертных оценок позволяет получить средневзвешенные значения вероятностей возникновения аварий или интервал их значений на основе обобщенного богатого опыта и знаний группы экспертов. Данный способ выгоден в плане финансовых и временных затрат и в связи с отсутствием возможного экологического ущерба, а результаты обработки будут максимально приближены к реальным промышленным значениям [56].

1.1 Общие сведения о грунтах

Одним из главных критериев сооружения фундамента, в том числе для РВС 2000 м³ является состав грунтов и наличие грунтовых вод.

Грунт – горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

геологическую систему и являющиеся объектами инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Грунты могут служить:

- 1) материалом основания, зданий и сооружений;
- 2) средой для размещения в них сооружений;
- 3) материалом самого сооружения.

1.1.1 Классы грунтов

Грунты подразделяются на несколько классов (общий характер структурных связей).

- 1) Грунт скальный - грунт, состоящий из кристаллитов одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационными и/или цементационными.
- 2) Грунт полускальный - грунт, состоящий из одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурный связи цементационного типа. Условная граница между скальными и полускальными грунтами принимается по прочности на одноосное сжатие ($R_c \geq 5$ МПа - скальные грунты, $R_c < 5$ МПа - полускальные грунты).
- 3) Грунт дисперсный - грунт, состоящий из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера, слабосвязанных друг с другом; образуется в результате выветривания скальных грунтов с последующей транспортировкой продуктов выветривания водным или эоловым путем и их отложения.
- 4) Мерзлые грунты – грунты с отрицательной температурой, в которых часть поровой воды находится в замершем состоянии (в виде кристаллов льда). Мерзлые грунты являются четырехкомпонентными системами, в которых кроме твердой, жидкой и газообразной фаз, существует лед.

Мерзлые грунты характеризуются[7]:

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- температурой;
- льдистостью;
- засолением;
- наличием биологических включений.

Различают следующие типы мерзлых грунтов:



Грунтами называют породы, залегающие в верхних слоях земной коры.

Различают грунты в соответствии с классом, типом, видом, подвидом и разновидностям. Различают грунты:

- скальные (магматические, метаморфические и осадочные, вулканогенноосадочные, элювиальные, тихногенные);
- песчаные (песок, супесь);
- глинистые (глины суглинки);
- растительные;
- лессовые;
- мерзлые (скальные мерзлые, дисперсные мерзлые, ледяные).

Свойства грунтов зависят от условия образования, структуры и состава пород.

Структура грунта - пространственная организация компонентов грунта, характеризующаяся совокупностью морфологических (размер, форма частиц, их количественное соотношение), геометрических (пространственная композиция структурных элементов) и энергетических признаков (тип

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

структурных связей и общая энергия структуры) и определяющаяся составом, количественным соотношением и взаимодействием компонентов грунта.

1.2 Основания и фундаменты под РВС

Проектирование оснований и фундаментов под резервуар является одним из самых важных этапов при проектировании, а в дальнейшем и строительстве резервуара, от этого зависит его дальнейшая работоспособность, срок эксплуатации и многое другое. Необходимо отметить, что в период эксплуатации, под воздействием веса резервуара, а особенно наполненного происходит воздействие на грунт, основание может деформироваться (оседает, уплотняется), что может привести к нежелательным последствием, нарушению геометрии, разрушению основания из этого возникает необходимость в строительстве фундамента.

Проектирование основания и фундамента под резервуар должно выполняться с учетом положений ГОСТ Р 52910-2008, СНиП 2.02.01-83*, СНиП 2.02.03-85; СНиП 2.02.04-88; СНиП II-7-87 и других дополнительных требований.

Основание – это слой грунта, который в условиях природного залегания обладает достаточной несущей способностью, чтобы выдержать нагрузки от возводимого резервуара.

Основания под фундаменты для резервуаров вертикальных стальных подразделяются на[20]:

- естественные;
- искусственные.

1.2.1 Естественное основание с подсыпкой

Естественное основание с подсыпкой является переходным инженерным решением между естественным и искусственным основанием,

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

оно используется для увеличения надежности конструкции, и из экономических соображений.

Естественное основание с подсыпкой может быть естественное основание с песчаной подушкой и грунтовой подушкой выполняемой в виде подсыпки на основание.

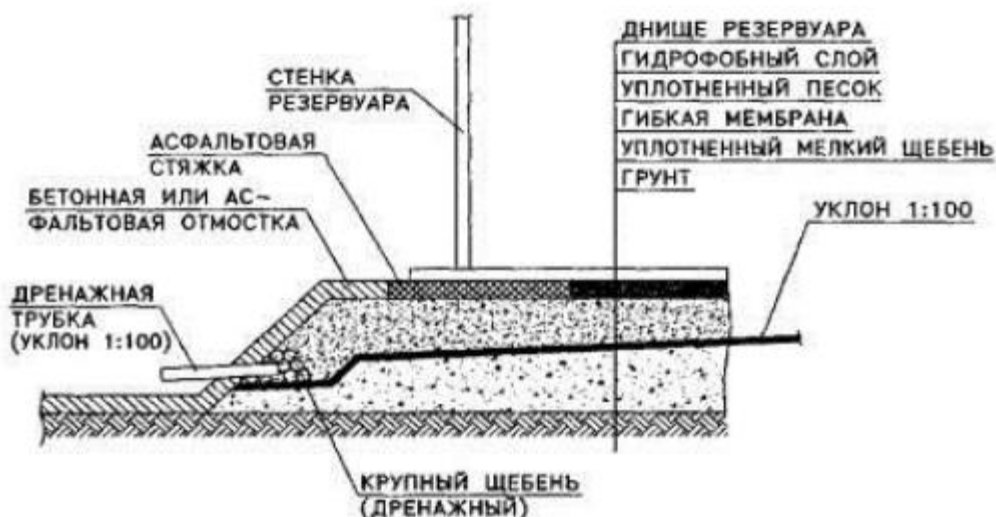


Рис. 1.2.1.1 – естественное основание с подсыпкой

Основные функции, которые выполняет подсыпка на основание:

- распределения давления от металлоконструкции резервуара на основание;
- производить дренаж днища;
- обеспечивать антикоррозийную защиту днища.

Материалы, которые используют для подсыпки основания:

- - уплотненный крупный песок;
- - щебень;
- - гравий;
- - гравийно-песчаную смесь.

Грунтовая подушка формируется слоями толщиной около 150 мм, слои утрамбовываются с помощью катков массой от 5 до 10 тонн. Высота

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

подушке может быть от 0,2 до 2,5 м, все зависит от геологических условий строительной площадки.

Для обеспечения дренажа грунтовой подушки и осуществления контроля за протечками, при повреждении днища резервуара необходимо по периметру фундамента на расстоянии 5 м друг от друга установить радиальные дренажные трубки $D=45$ мм, которые будут закрыты с торцов пластиковой сеткой 10×10 мм.

Чтобы обеспечить антикоррозийную защиту днища по верху подсыпки необходимо уложить гидрофобный слой из битумно-песчаной смеси толщиной не менее 50 мм, состоящей из формованной в горячем состоянии смеси следующих компонентов: 9 % битума, растворенного в чистом керосине, 10 % портландцемента и 81 % чистого песка.

Подсыпка, как правило, имеет вверху уклон от центра к краям. Причиной этому служит то, что резервуар имеет неравномерную осадку, кроме того, это позволяет облегчить приток хранимой нефти (нефтепродукта) к откачивающим устройствам. Осадка днища резервуара может достигать до 2 м, исходя из этого подъем центральной части днища резервуара, является очень важным условием для дальнейшей работы резервуара, и его срока эксплуатации.

С залеганием грунта на не большую глубину (не более чем на 3 м), которые имеют слабую несущую способность или пучинистые грунты (в районах с глубоким сезонным промерзанием грунтов), производится их замена с местным уплотнением песчаного или глинистого грунта, как правила привозного. Если залегание таких грунтов более 3 м, то такой метод экономически не эффективен, по причине увеличения расходов на выравнивание резервуаров, установленных таким методом.

1.2.2 Искусственные основания

Искусственное основание используют в том случае, когда грунты слабые и не могут отвечать нормальным условиям строительства РВС и

					Методы повышения надежности эксплуатации РВС	Лист 25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

дальнейшей его эксплуатации, по причине большого давления, оказываемого на грунт. Возникает необходимость в упрочнении грунтов - это можно сделать путем уплотнения, химического закрепления или забивки бетонных, или песчаных свай. Кроме того, свайные основания и фундаменты глубокого заложения, передающие нагрузку от сооружения на более прочные грунты, залегающие на большей глубине от поверхности земли так же являются искусственными основаниями.

Уплотнение грунтов можно производить несколькими способами, с помощью катков (весом самих механизмов), с помощью трамбовки (ударным способом), с помощью вибраторов (вибрационный способ).

Катки применяют главным образом для уплотнения связных грунтов и для небольших по толщине слоев несвязных грунтов. В последнее время получило распространение уплотнение трамбовками, сбрасываемыми с различных кранов или копров. Железобетонные или металлические плиты весом 1-2 т поднимают на высоту 1-2 м и более и сбрасывают вниз. При этом грунт уплотняется на глубину до 1 м. Такой метод можно применять как для связных, так и несвязных грунтов. Вибрирование применяют для уплотнения только несвязных грунтов при помощи глубинных вибраторов. Этот метод наиболее эффективен при уплотнении песчаных грунтов с содержанием пылеватых и глинистых частиц не более 20 %.

1.2.3 Фундаменты под резервуары вертикальные стальные

Фундамент - это часть сооружения, передающая нагрузку от веса сооружения на грунты основания и распределяющая эту нагрузку на такую площадь основания, при которой давления по подошве не превышают расчетные.

В зависимости от формы фундаменты подразделяются на:

- сплошные, в виде плит под всем сооружением;
- ленточные, расположенные только под стеной сооружения;
- столбчатые в виде отдельных опор.

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выбор типа фундамента под резервуар зависит от многих факторов, самым важным, конечно является грунт, его характеристики (сжатие, пучинистость, сезонное промерзание, глубине залегания и пр.), от объема резервуара, а также от величины нагрузок который будет передаваться на грунт. Наиболее рационально использовать фундаменты на естественном основании, по причине того, что этот способ наиболее дешевый, с полным или частичным отказом от свай под днищем резервуара.

Перед строительством фундамента необходимо произвести отвод грунтовых вод и осадков из-под днища резервуара.

Все работы по устройству фундамента под резервуар проводятся до начала его монтажа. Проектную отмостку основания (фундамента), фундамент под шахтную лестницу и опоры под подводящие трубопроводы рекомендуется выполнять после монтажа металлоконструкций резервуара.

1.3 Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений в основания фундаментов

В настоящее время на предприятиях топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России эксплуатируется резервуарный парк общим объемом более 50 млн. м³. Наиболее распространенным типом резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов являются стальные вертикальные цилиндрические резервуары, которые представляют особый класс сооружений, по существу не имеющих аналогов в промышленном и гражданском строительстве [10].

Резервуары относятся к промышленным конструкциям, которые, даже в штатном режиме эксплуатации, находятся в сложном напряженно-деформированном состоянии. Напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов стальных вертикальных резервуаров возникает уже на стадии изготовления, производства строительно-монтажных работ [7]. Дальнейшее увеличение напряжений в элементах конструкции резервуара является следствием действия как

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

эксплуатационных нагрузок (гидростатическая нагрузка, избыточное давление, вакуум, снеговая, ветровая и температурные нагрузки), так и результатом неравномерной осадки его основания, как по площади, так и по периметру.

С учетом климатических и геологических условий для обеспечения устойчивости резервуары строят на свайных фундаментах. Опыт строительства на свайных фундаментах других промышленных и гражданских сооружений показывает, что во многих случаях с помощью свай удастся обеспечить необходимые требования по допускаемым осадкам сооружений. Данный способ, используемый в резервуаростроении, обеспечивает более надежную эксплуатацию резервуаров, чем способ сооружения с применением грунтовых оснований.

Строительство резервуаров на свайном основании, с одной стороны, решает проблемы обеспечения более надежной эксплуатации, с другой — создает новые проблемы. В первую очередь это связано с затратами, поскольку стоимость таких оснований в 1,5-2 раза превышает стоимость грунтовых, кроме того, значительно увеличивается расход сборного и монолитного железобетона, повышается материалоемкость. В результате повышения несущей способности свай уменьшается их число и возрастает расстояние между ними. Однако это ведет к увеличению сечения монолитного ростверка и расхода арматуры, следовательно, нивелируется эффект, полученный при применении свай повышенной несущей способности.

Таким образом, использование свайных фундаментов при строительстве резервуаров не всегда приводит к желаемым результатам. Надежды на то, что при использовании свайных фундаментов осадки резервуаров будут не значительными, также не оправдываются [9]. Кроме того, серьезные проблемы возникают и при сооружении свайных оснований в районах вечной мерзлоты.

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Поэтому вопрос поиска новых конструктивных решений при строительстве оснований резервуаров, которые позволят уменьшить затраты и увеличить несущую способность оснований резервуаров, остается наиболее актуальным.

Для сооружения стальных резервуаров наиболее пригодны площадки, сложенные скальными, полускальными, крупнообломочными, глинистыми, суглинистыми малоувлажненными и средневлажными грунтами.

На таких площадках металлические резервуары возводятся в основном на песчаных подушках. В последнее время положение существенно осложнилось, поскольку добыча и переработка нефти развиваются в районах Западной Сибири, Крайнего Севера, Дальнего Востока, где благоприятные условия для строительства практически отсутствуют, а потребность в резервуарах настолько велика, что ее удовлетворение потребовало увеличения их единичной вместимости до 50 тыс. м³ и более. Строительство в таких сложных климатических и инженерно-геологических условиях требует разработки новых конструктивных решений, позволяющих приспособить земли, ранее считающиеся непригодными для застройки.

Под большие резервуары требуется меньшая площадь застройки, при их сооружении уменьшаются затраты на устройство основных и вспомогательных коммуникаций, внутрипарковых проездов и т.д. Кроме того, большие резервуары имеют меньшую площадь зеркала нефтепродукта по сравнению с площадью зеркала в группе резервуаров такого же объема и, следовательно, для них снижаются потери нефти от естественной убыли.

Но увеличение геометрических размеров резервуаров резко повысило требования к подготовке их оснований, а накопленный ранее опыт строительства не может быть использован без соответствующих корректировок и требует поиск новых конструктивных решений. Сваи, используемые при сооружении фундаментов резервуаров можно разбить по

					Методы повышения надежности эксплуатации РВС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

классам в зависимости от формы ствола, в зависимости от способа образования лидерной скважины.

В резервуаростроении официально принятой классификации оснований и фундаментов нет. Поэтому нами разработана и предложена классификация оснований и фундаментов под вертикальные стальные резервуары, критериями построения которой является учет конструктивных особенностей в зависимости от инженерно-геологических условий строительной площадки, с учетом вместимости резервуара[14].

В соответствии с этим основания и фундаменты резервуаров делятся [8]: 1) фундаменты на естественном основании; 2) свайные фундаменты (рисунок 1).

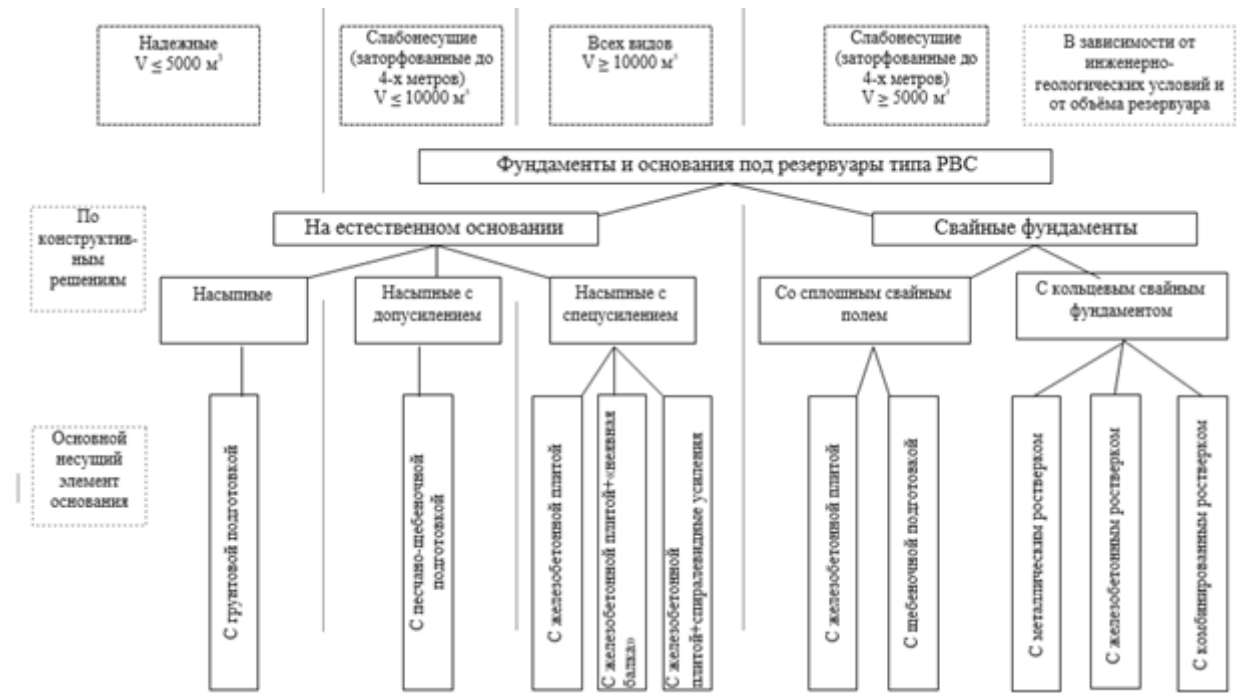


Рис. 1.3.1 – Классификация оснований и фундаментов под РВС

В зависимости от конструктивных решений фундаменты резервуаров на естественном основании делятся на насыпные основания, насыпные основания с дополнительным усилением, насыпные основания со специальным усилением. Свайные фундаменты делятся на свайные

фундаменты со сплошным свайным полем и на свайные фундаменты с кольцевым свайным фундаментом.

Характерными особенностями резервуаров являются большие площади передачи нагрузок на основания. Наибольшую опасность для основания резервуара представляет узел сопряжения стенки и днища, так как именно здесь происходит концентрация напряжений, вызванная совместным действием веса конструкций и полезной нагрузки от нефти или нефтепродуктов.

Как показывает опыт эксплуатации стальных вертикальных цилиндрических резервуаров, особенно резервуаров большой вместимости, практически сразу после гидравлического испытания возникает неравномерная осадка между его центральной частью и стенкой из-за различного удельного давления на грунт от массы стенки и от гидростатической нагрузки.

Осадка оснований резервуаров, вызываемая деформацией грунта является неизбежным явлением в практике эксплуатации резервуаров. Осадка основания возникает в результате сжатия грунта под нагрузкой, вызванной массой конструкции резервуара и хранимой в нем жидкости.

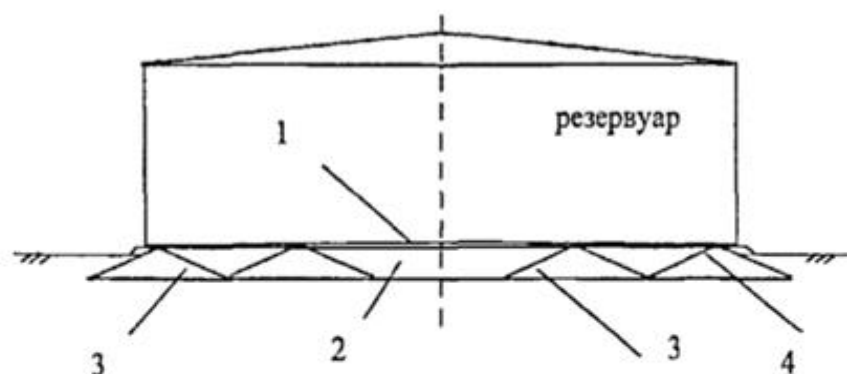
Неравномерные осадки резервуаров обусловлены многими причинами, основными из которых являются следующие [8]:

- необоснованный или неправильный выбор строительной площадки при расположении большинства резервуарных парков на многометровой толще слабонесущих грунтов (как правило «бросовые», малопригодные земли);
- влияния горизонтальных перемещений грунта под днищем резервуара;
- водонасыщенность и пылеватость грунтов основания резервуара, что вызывает их морозное вспучивание (особенно в районах

					Методы повышения надежности эксплуатации РВС	Лист 31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Западной Сибири), и как следствие, неравномерные поднятия и осадки резервуаров, особенно в межсезонье.

Существует конструкция основания резервуара с опорами, имеющими в сечении конусообразную форму. Опоры расположены по периметру максимальной окружности, образующие конуса имеют угол наклона равный углу естественного откоса грунта в отсыпке опоры. Технический результат особенности конструкции заключается в том, что опоры, имеющие в сечении вид конуса, увеличивают площадь опирания на грунт, тем самым повышают сопротивление внешним нагрузкам[19].



1-круглая опорная плита, 2-грунтовая подушка, 3-опоры из сыпучего тела, 4-конусная часть опоры

Рис. 1.3.2 – Основание РВС

Основание резервуара с использованием конусных опор позволяет [8]:

- снизить местные неравномерные осадки под стенкой резервуара;
- существенно повысить жесткость узла сопряжения стенки и днища.

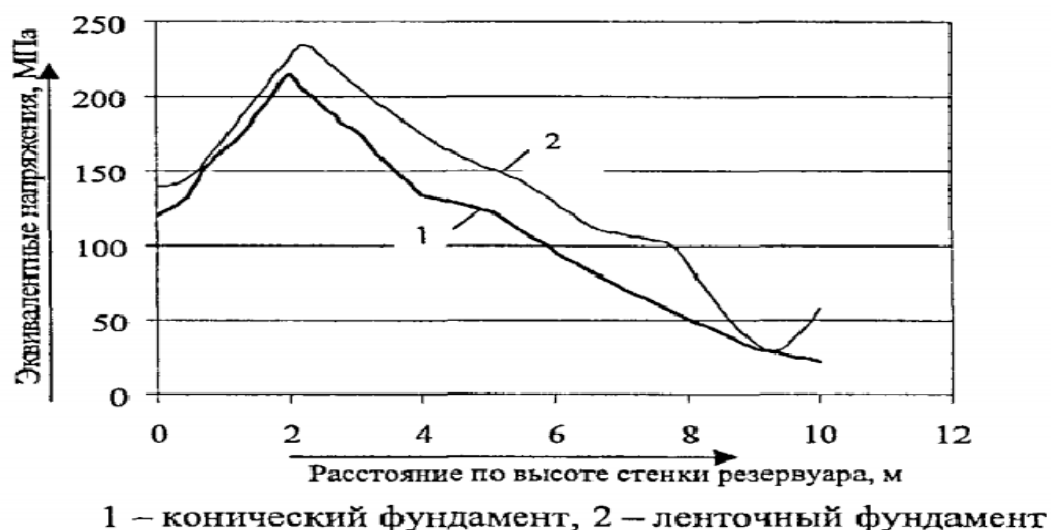


Рис. 1.3.3- Распределение эквивалентных напряжений по стенке резервуара в зависимости от типа применяемой опоры (статья В.М. Куприянов)

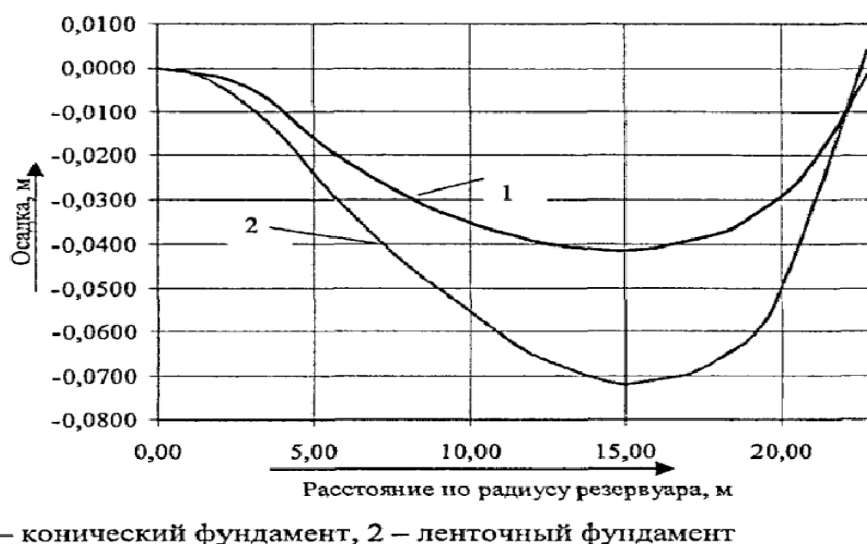


Рис. 1.3.4 - Распределение прогибов по радиусу дна резервуара в зависимости от типа применяемой опоры (статья В.М. Куприянов)

1.4 Вертикальный стальной резервуар с защитной стенкой

Одним из перспективных конструктивных решений по ограничению аварийного разлива хранящихся пожароопасных жидкостей и распространению пожара в резервуарном парке (РП) является резервуар с

двойной стенкой. Это один из вариантов повышения надежности, экологической безопасности и снижения риска аварий в РП.

Такой резервуар состоит из внутреннего (основного) резервуара, предназначенного для хранения продукта, и наружного резервуара, выполняющего функцию защитной стенки, служащей для удержания продукта при нарушении герметичности основного резервуара или его разрушении[13].

Преимуществами РВС ЗС является - уменьшение взрывоопасности, уменьшение опасности возникновения пожара, оперативное отслеживание возможной разгерметизации, устойчивость влиянию окружающей среды, РВС ЗС не требуют обвалования и занимают меньшую площадь (Рис 1.4.1).



Рис 1.4.1 – Резервуарный парк с резервуарами с защитной стенкой

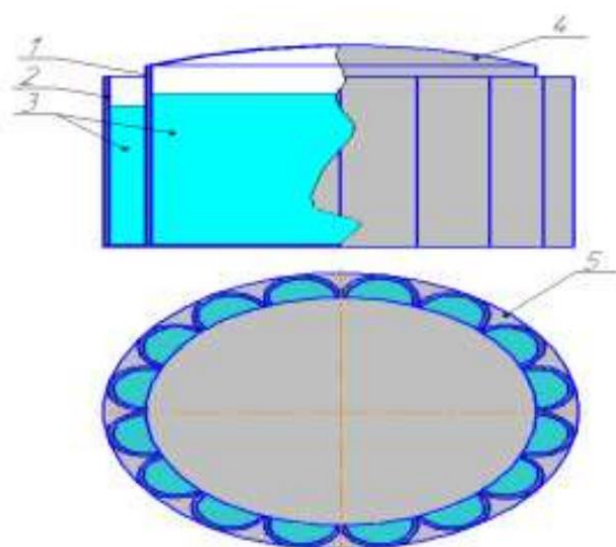
1.5 Резервуар с мультицилиндрической стенкой

Другим перспективным конструктивным решением повышения надежности, экологической безопасности и снижения риска аварий в РП является резервуар с мультицилиндрической стенкой, разработанный для районов с повышенной сейсмической активностью[13].

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основными преимуществами предложенной конструкции резервуара являются - возможность быстрой локализации утечек из резервуара при повреждении его стенки, повышенные значения прочности, устойчивости и жесткости, которые достигаются за счет малого радиуса внешней стенки, достаточные для эксплуатации конструкции в сейсмоопасных районах. Также в случае повреждения внутренней стенки не происходит образование ударной волны, действующей на внешнюю стенку.

Основным конструктивным элементом, отличающим мультицилиндрический резервуар от РВС, являются полые стальные полуцилиндры, привариваемые к основному резервуару и изолированные между собой и центральной частью (рис.1.5.1).



1 – резервуар, 2 – «лепесток», 3 – жидкость, 4 – крыша, 5 – днище

Рис. 1.5.1- Общий вид сверху “лепесткового” резервуара

Рассмотрим воздействие на конструкции их собственного веса и веса жидкости (рис.1.5.1).

Как следует из анализа рис. 1.5.2 (а), под действием воды и собственного веса наблюдается кольцевое напряжение в области первого пояса, достигающее 160МПа. Для «лепесткового» резервуара (рис. 1.5.2 (б)) значения напряжений достигают 200МПа, но за счет того, что они

наблюдаются лишь в точечных зонах крепления лепестка к днищу, их воздействие на прочность и устойчивость конструкции минимальны.

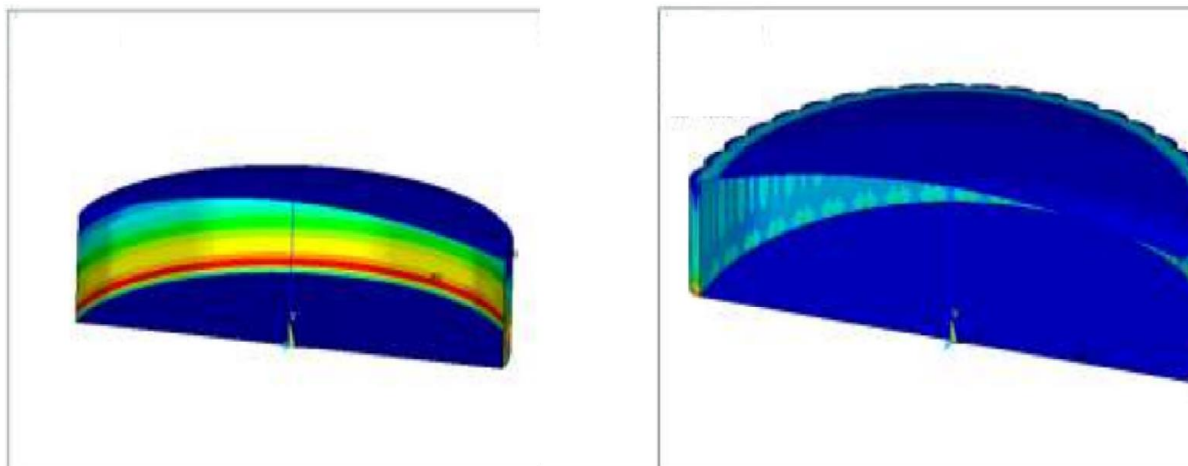


Рис. 1.5.2– Напряженное состояние резервуаров под действием собственного веса и веса жидкости: а – напряжения РВС 2000, б – напряжения мультицилиндрического резервуара

1.6 Методы и средства неразрушающего контроля для оценки надежности резервуаров

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. Преимущества представлены во введении диссертационной работы, рассматривая недостатки продления сроков эксплуатации резервуаров выделяются следующие важные аспекты[15]:

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. Следовательно, основополагающим решением продления ресурса резервуаров, является достоверные данные отклонений от проектных данных и имеющихся допустимых и недопустимых дефектов, на основе которых строится общая картина состояния резервуара. Для этого, необходимы фактические данные по количеству и размерам имеющихся дефектов, которые подлежат «отбраковке»: точному определению местонахождения, «допустимости» по размерам, количеству либо по степени опасности. Сбор данных по дефектам совершается по результатам показаний приборов и аппаратур, путем неразрушающего либо разрушающего контроля. Использование приборов и аппаратур, которые не внесены в Государственный реестр средств измерений не допускается, так же, как и использование приборов, не

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

прошедших и не имеющих сертификата о поверке. Таким образом, проведение технического контроля резервуаров, ограничивается «имеющими разрешения» приборами и средствами. Не смотря на эти проблемы, разрабатываются новые или усовершенствуются существующие приборы контроля, но как правило эти разработки остаются как изобретения либо улучшения на «бумаге», в силу больших затрат на производство. По данным анализа имеющихся подходов к оценке остаточного ресурса оборудования, эксплуатирующихся длительное время в отрасли нефтяной промышленности, получены следующие общие тенденции развития ситуации: переход оценки остаточного ресурса конструкций по данным статистики отказов к индивидуальной оценке, основанной на комплексных разрушающих и неразрушающих методов контроля, а также расчетов на прочность, т.е. выполняется переход от дефектоскопии к техническому диагностированию. На данный момент реализация перехода к комплексной технической диагностике конструкций не полностью обеспечивается нормативно-техническими документациями и связано в основном со сложностью и нерентабельностью проводимых работ, так как согласно нормативным документам период проведения повторных работ по диагностике длительно эксплуатируемых опасно-производственных объектов не превышает семи лет. Вследствие столь незначительного продления эксплуатации, объект не покрывает расходы на диагностирование и как результат владеющая объектом организация отказывается от нерентабельного мероприятия.

1.6.1 Методы и средства неразрушающего контроля

Вертикальные стальные резервуары для хранения нефтепродуктов, эксплуатирующийся на нефтебазах, согласно статьи 2. п. 1 Федерального

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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.

В различных нормативно-технических документациях дефектом называют любые несоответствия обследуемых объектов требованиям, применяемым при их контроле [12] . Единого определения термина «дефект» в сфере нефтегазового комплекса не существует, однако в некоторых нормативных документах имеется определение – несплошность в сварном соединении или отклонение от требуемой геометрии (imperfection). Оценка технического состояния объекта устанавливается по показателям обнаруженных приборами неразрушающего контроля дефектов, при этом найденные дефекты разделяются на допустимые по требованиям НТД и недопустимые, превышающие нормы. В соответствии с нормативно-правовыми актами и требованиями касавшегося объекта контроля, дефекты

					Методы повышения надежности эксплуатации РВС	Лист 39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

различают на поверхностные и скрытые, а также критические, значительные и малозначительные. Такое разделение дефектов необходимо для выбора вида контроля, например, разрушающий либо неразрушающий метод контроля. Для каждого метода контроля дефекты оцениваются по конкретным характеристикам, которые свойственны для данного вида контроля. По результатам показаний приборов и аппаратур выявленные дефекты характеризуются и классифицируются.

Дефекты сварных соединений и основного металла подразделяются на производственно-технологические, которые возникают в процессе изготовления конструкции, в процессе монтажа и установки, и эксплуатационные, появляющиеся после в процессе эксплуатации в результате процессов деградации металла, и так же в результате нарушений эксплуатации и ремонтов. Все указанные дефекты при проведении технического контроля (диагностировании) должны выявляться средствами и методами неразрушающего контроля (НК).

Согласно нормативного документа ГОСТ 20911-89 техническая диагностика выражается как «область знаний, охватывающая теорию, методы и средства определения технического состояния объектов», который по результатам обследования, на основании нормативно-правовых актов, применяют для определения допустимости или недопустимости обнаруженных дефектов. Выбор методов и прибора неразрушающего контроля для решения задач обеспечения безопасной эксплуатации резервуаров при проведении диагностирования зависит от заранее определенных параметров и условий эксплуатации, так же и условий обследования. При этом, как требуют нормативно-правовые акты, выбор метода и приборов осуществляется из подхода «комплексное обследование», так как ни один из существующих методов и аппаратур, не может быть универсальным и не может удовлетворять в полном объеме требования безопасности. В соответствии с определенным назначением приборов измеряемые и определяемые параметры контролируемого материала и

					<i>Методы повышение надежности эксплуатации РВС</i>	<i>Лист</i>
						40
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

различные дефекты разделяют на 4 группы, которые представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.6.1.1 - Классификация контролируемых параметров и дефектов

Группа	Параметры и дефекты
I	Дефекты типа нарушения сплошности: раковины, трещины, расслоения, поры и др.
II	Отклонения размеров - длины, ширины, высоты, диаметра, толщины стенки, а также толщины покрытия и глубины поверхностного слоя (закаленного, обезуглероженного и т.д.)
III	Удельная электрическая проводимость, магнитная проницаемость, коэрцитивная сила, остаточная индукция, твердость, влажность, напряжение, структура, химический состав, предел прочности, предел текучести, относительное удлинение, плотность и др.
IV	Эмиссия волн напряжения, развитие во времени трещин, увеличение напряжений, утонение стенки, увеличение зазора и т.д.

Из вышеописанного следует и нормируется, что 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 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

					Методы повышения надежности эксплуатации РВС	Лист 41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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.

Проведение неразрушающего контроля в объектах ОПО подразумевает два подвида контроля, это «неразрушающий контроль» (визуальный и измерительный контроль (ВИК)) и «неразрушающий физический контроль» требующие применения специализированных приборов и аппаратур, так же специальных веществ.

На основании документа [3] классификация неразрушающих именно физических методов контроля подразделяется на девять видов контроля, так называемые классы видов неразрушающего контроля представлены в таблице 1.6.1.2.

Таблица 1.6.1.2 – Классификация видов НК.

Классификация видов неразрушающего физического контроля материалов		
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	<u>Ферромагнитные металлы</u>
Электромагнитный	Поверхностный	Любые металлы
Электрический	Поверхностный	—
Радиоволновый	Объемный	Любые неметаллы
Радационный	Объемный	Любой твердый
Акустический	Объемный	Любой твердый или жидкий
Тепловой	Объемный	—

Так же существуют две отдельные группы методов НК: активные и пассивные, которые представлены в таблице 1.6.1.3. 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 1.6.1.3 - Методы неразрушающего контроля. Группы

Методы неразрушающего контроля	
Пассивные	Активные
Используются 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, капиллярные, магнитопорошковый и т.п.

Процесс контроля на опасных производственных объектах представляет ответственное мероприятие связанное с жизнью людей и их благополучия, по этой причине выполнять работы имеют право только те специалисты, так называемые «дефектоскописты», которые обучены и аттестованы в соответствии с требованиями «Правил аттестации персонала в области неразрушающего контроля» ПБ 03-440-02 выдавать заключения могут дефектоскописты с квалификацией не ниже II уровня по определенному методу для определенного вида объекта. Лаборатории неразрушающего контроля (ЛНК), выполняющие диагностирование, обязаны иметь соответствующие лицензии и аттестованы в соответствии с требованиями «Правила аттестации лабораторий неразрушающего контроля» ПБ 03-372-00 и рекомендательно добровольно аккредитованы согласно требованиям «Общие требования к аккредитации органов по оценке соответствия» СДА-01-2009 и СДА-15.

Следовательно, обязательным требованием для обеспечения надёжности резервуаров является раннее обнаружение дефектов, при этом основным инструментом становится применение неразрушающих методов контроля. При проведении диагностирования резервуаров широкое

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

распространение получили следующие методы НК: визуальный и измерительный, рентгенографический, ультразвуковой, капиллярный, магнитопорошковый и акустико-эмиссионный.

Подробнее рассмотрим часто применяемые на химических и нефтехимических объектах – вертикальных стальных резервуарах, виды и методы физических методов контроля. Так как контроль резервуаров для хранения нефтепродуктов тепловым методом, является неэффективным и в связи с этим не регламентируются нормативными требованиями по техническому диагностированию:

- 1) Методы контроля проникающими веществами (ПВК);
- 2) Магнитный контроль (МПМ);
- 3) Радиационный контроль (РК);
- 4) Акустический контроль (АЭ).

Методы контроля проникающими веществами. Контроль проникающими веществами подразумевает применение газоаналитического, газогидравлического, вакуумно-жидкостного и капиллярного методов контроля. Использование данных методов и выявляемые виды дефектов представлены в таблице 1.6.1.4.

Таблица 1.6.1.4 – Методы контроля проникающими веществами

Метод	Контролируемые объекты	Выявляемые виды дефектов
Газоаналитический	Сосуды, баллоны, аммиачные трубопроводы	Только сквозные
Газогидравлический	Баллоны, дюкеры	
Вакуумно-жидкостный	Днища и стенки резервуаров	
Капиллярный	Любые твердые	Наружные сквозные и несквозные

Вакуумно-жидкостный метод применяется в основном для контроля герметичности днищ и стенок резервуаров для хранения нефти и

нефтепродуктов. Аппаратурой и средством контроля являются электрический и механический вакуумный насос, для измерения давления вакуумный манометр и непосредственно камера где создается вакуум. Для резервуаров создаваемый вакуум в камере должен быть не менее минус 0,75 кгс/см², при этом вакуум камера обычно состоит из толстого оргстекла со штуцером, на месте примыкания штуцера к объекту контроля нанесена толстая пористой резины. Схему работы данного прибора см. на рис. 1.6.1.1.

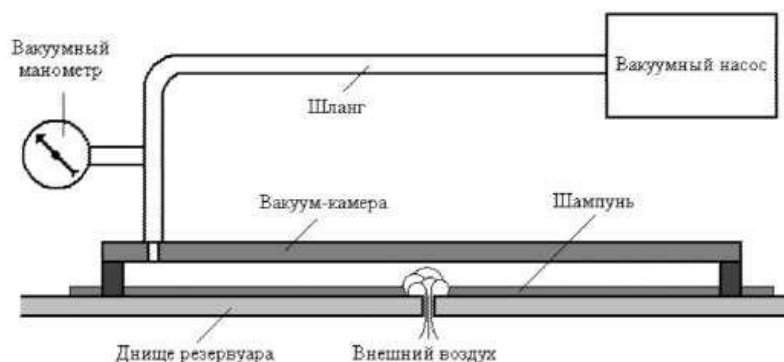


Рис. 1.6.1.1 - Поиск сквозных дефектов в днище резервуара вакуумно- жидкостным методом

Магнитный контроль. Магнитный вид неразрушающего контроля в основном применяется при контроле ферромагнитных изделий (Металлический материал в твердом состоянии, способный намагничиваться под действием внешнего магнитного поля и частично сохранять приобретенную намагниченность после удаления внешнего поля). В резервуарных конструкциях, изготовленных из стальных листовых материалов, широкое распространение получили следующие методы магнитного вида контроля: магнитопорошковый, магнитографический и феррозондовый контроль.

Метод магнитной памяти металла (МПМ) образован на анализе измеренных распределений собственных магнитных полей рассеяния, контролируемого феррозондного металла, которые отображают их структурную и технологическую связь. Данный метод контроля регламентируется стандартом [17]. Данный метод относится к пассивным

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

методам НК, особенностью метода является использование информации заложенную внутри контролируемого участка в виде фиксации собственных магнитных полей.

Известно, что в участках стального объекта контроля, испытавших высокие механические напряжения, остаточная напряженность магнитного поля металла H_p меняет свой знак инверсии, например, со знака минус на плюс или наоборот, либо становится на ноль. Для объекта, находящегося в непрерывном цикле эксплуатации, магнитная память металла проявляется в постоянном безвозвратном изменении намагниченности металла в направлении действия максимальных механических напряжений от рабочих нагрузок объекта. Степень опасности участка отображается не значением напряженности поля H_p , а перепадом в зоне концентрации напряжений ниже, данный процесс представлен на рис. 1.6.1.2.

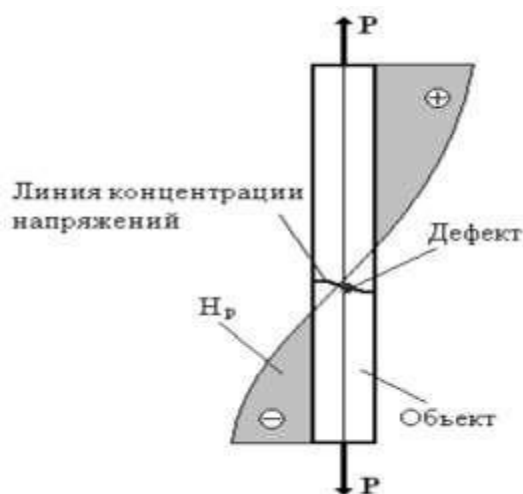


Рис. 1.6.1.2 - Перестановка знака магнитного поля при остаточной напряженности H_p в зоне концентрации напряжений

Широкое распространение использования данного метода наблюдается в нефтегазовой отрасли. Например, при проведении контроля общего технического состояния газопроводов, находящихся на поверхности земли так и уложенных в траншеи этим методом в сочетании с другими методами НК хорошо выявляются такие дефекты как коррозионное повреждение,

расслоения и участки, претерпевающие высокие механические нагрузки в результате смещения оси газопровода.

Рентгенографический контроль. В соответствии государственного стандарта радиационный контроль (РК) — это вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом. Все методы радиационного контроля основаны на пропускании ионизирующего излучения через контролируемый материал объекта и поэтому относятся только к активным методам. Данный вид контроля широко применяется для обнаружения, локализации и определения параметров поверхностных и внутренних дефектов сварки, отливок, композитных материалов, бетона и многих других объектов[2].

РК широкое распространение получил для контроля сварных соединений вертикальных стальных резервуаров и трубопроводов. Используется в случае контроля объектов сложных форм, при невозможности применения контактных методов таких как ультразвуковая дефектоскопия. РК предпочтительно подходит для обнаружения внутренних объемных дефектов, возможность контроля объектов из любых материалов.

Результаты радиографического контроля легко визуализируются и заносятся в архив протоколов, по сравнению с другими видами контроля, таким образом обнаруженные несплошности представляются в наглядном виде, в некоторых объектах визуализация результатов является обязательным требованием при НК [17].

Методы акустического контроля. По сравнению с другими видами НК акустический контроль охватывает большее количество методов. Данный вид НК основан на регистрации параметров упругих колебаний, возбужденных в контролируемом объекте. Акустический контроль применяется в изделиях, изготовленных из различных материалов, для обнаружения поверхностных и внутренних дефектов, таких как нарушение

					<i>Методы повышения надежности эксплуатации РВС</i>	<i>Лист</i>
						47
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

сплошности в материале, неоднородности структуры материала, межкристаллитная коррозия, дефекты склейки, пайки, сварки и т. д. Данный метод позволяет измерять геометрические параметры при одностороннем доступе, а также физико-механические свойства металлов без нарушения целостности контролируемого участка. Классификация акустических методов приведена в таблице 1.6.1.5.

Таблица 1.6.1.5 – Методы акустического контроля

Акустические методы контроля												
Активные										Пассивные		
Ультразвуковые методы бегущих волн							Спектральные			Импедансный		
Основанные на прохождении	Комбинированные			Основанные на отражении				Вынужденных колебаний	Свободных колебаний			
Теневой амплитудный Теневой временной Велосиметрический	Зеркально-теневой	Эхо-теневой	Эхо-сквозной	Эхометод	Эхо-зеркальный метод	Дельта-метод	Дифракционно-временной	Ревверберационный	Толщинометрия	Локальный Интегральный	Локальный	Интегральный
										Акустико-эмиссионный		
										Спектральные		
										Шумодиагностический		
										Вибродиагностический		

Акустические методы контроля разделяются на пассивные и активные. Активный метод основан на анализе распространений акустических волн, преднамеренно введенных в контролируемое изделие. Данный метод используется при ультразвуковом контроле сплошности, толщинометрии, определении физикомеханических свойств и т.п. Пассивный метод основан на анализе упругих акустических колебаний, возникающих в контролируемом изделии в ходе проведения нагружения, либо различных технологических процессов. Колебания волн возникают особенно в момент образования или развития различных дефектов. Используется метод в большинстве случаев при проведении акустикоэмиссионного контроля конструкций и при шумо - и вибродиагностике.

Одним из перспективных методов в акустическом виде НК является акустико-эмиссионный (АЭ) метод НК, в котором нахождение развивающихся дефектов достигается регистрацией и анализом акустических волн, возникающих от развивающихся дефектов[3].

При нагружении резервуара с дефектами вблизи острого края дефектов (условная вершина трещины) возникает локальная концентрация напряжений и образуется локальная зона пластической деформации [2]. При достижении и превышении локального напряжения пределу прочности материала на вершине условной трещины, происходит разрыв кристаллической решетки материала или развитие дефекта, в результате чего появляются сигналы АЭ. Дальнейшее нагружение повторяет процесс развития дефекта и число импульсов АЭ растет с ростом пластической деформации.

Благодаря данным свойствам, представляется возможность формировать адекватную систему классификации дефектов и критерии оценки технического состояния объекта, основанные на реальном влиянии дефекта на объект. Основными характерными особенностями метода АЭ, являются:

метод АЭ обеспечивает обнаружение и регистрацию в основном только развивающихся дефектов, что позволяет классифицировать дефекты не по размерам, а по степени их опасности.

- свойство интегральности метода АЭ-контроля обеспечивает контроль всего объекта с использованием одного или нескольких преобразователей АЭ-контроля, неподвижно установленных на поверхности объекта;
- позволяет проводить контроль различных технологических процессов и процессов изменения свойств и состояния материалов;
- положение и ориентация объекта не влияют на выявляемость дефектов;

					Методы повышения надежности эксплуатации РВС	Лист 49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- обладает меньшими ограничениями, связанных со свойствами и структурой материалов;
- обеспечение обнаружения и регистрации только развивающихся дефектов, что позволяет классифицировать дефекты не по размерам, а 25 по степени их опасности;
- высокая чувствительность;
- обеспечение контроля всего объекта с использованием одного или нескольких преобразователей АЭ, неподвижно закрепленных на поверхности объекта;
- исследование с помощью метода АЭ производится без вывода оборудования из эксплуатации.

АЭ контроль технического состояния исследуемых объектов проводится, в основном, при создании в конструкции напряженного состояния, инициирующего в материале объекта работу источников АЭ. В этом случае, объект подвергается нагружению силой, давлением, температурным полем и т.д. Выбор вида нагрузки определяется конструкцией объекта и условиями его работы.

Результативность методов НК зависит от множества узконаправленных моментов таких как, способность к обнаружению определенных типов дефектов, скорость проведения контроля, производительность, себестоимость контроля и т.п., следовательно, каждый метод НК имеет исключительно узкое назначение выявления дефектов. По этой причине обследование конструкций при экспертизе промышленной безопасности производится комплексным методом.

1.6.2 Выявляемость различных дефектов резервуаров эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера

Технический контроль вертикальных стальных резервуаров (РВС), эксплуатирующихся в условиях Севера, подразумевает объективное своевременное обнаружение различных видов дефектов и организация контроля за развитием дефектов, образованных в результате старения

					<i>Методы повышения надежности эксплуатации РВС</i>	<i>Лист</i>
						50
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

элементов при эксплуатации или нарушений технологических параметров монтажа.

В соответствии статистических данных наиболее частой причиной аварий резервуаров в условиях Севера, является хрупкое разрушение несущих конструкций. В связи с этим, возникает необходимость обеспечения надёжности с учетом специфических условий эксплуатации резервуаров в северных районах страны путем проведения неразрушающего контроля в рамках экспертизы промышленной безопасности, согласно Федеральному закону от 21.07.97 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

В основном, при сооружении резервуаров рекомендуется применять следующие методы контроля качества сварных соединений: механические испытания сварных соединений образцов-свидетелей; визуальный и измерительный контроль всех сварных соединений резервуара с применением шаблонов, линеек, отвесов, геодезических приборов и т.д.; контроль герметичности (непроницаемости) сварных швов с использованием проб «мел-керосин», ПВТ, избыточного давления воздуха или ПВК; физические методы — для выявления наличия внутренних дефектов: РК или УЗК, а для контроля наличия поверхностных дефектов с малым раскрытием — магнитопорошковый контроль или цветная дефектоскопия; гидравлические и пневматические прочностные испытания конструкции резервуара. Тем не менее, данные методы контроля имеют свои достоинства и недостатки, которые прежде всего отличаются многими технологическими параметрами НК и выявляемостью имеющихся дефектов в объекте контроля, влияющие на достоверность результатов НК.

Визуальный и измерительный контроль (ВИК). Данный метод используется в соответствии с руководящим документом и является одним из оптических видов контроля. Целью метода является получение первичной информации о контролируемой поверхности объекта с помощью органов

					Методы повышения надежности эксплуатации РВС	Лист 51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

зрения, оптических и измерительных приборов и средств. Внешним осмотром проверяются качество поверхности контролируемого объекта и в основном выявляются такие дефекты образованные: при несоблюдении технологии монтажа; неправильном устранении участков с дефектами или в процессе эксплуатации конструкции. Основные измерительными инструментами являются прошедшие метрологическую поверку линейки, рулетки, штангенциркули, увеличительные стекла (лупы), переносные микроскопы и т.д. Основным недостатком является невозможность обнаружения скрытых внутренних и подповерхностных дефектов, так же обнаружение дефектов с малым раскрытием. Но данным метод являются обязательным при любом виде обследования конструкций.

Ультразвуковой контроль (УЗК) проводится в соответствии с определенными регламентирующими отдельными для каждого вида объекта контроля документами, основным документом проведения контроля при этом является ГОСТ Р 55724-2013 «Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые». Целью метода является обнаружение и сопоставление дефектов с определенными нормами геометрических размеров внутренних несплошностей (дефектов) в объекте контроля. Применение метода подразумевает использование специальных приборов или комплексов аппаратур обладающих необходимой чувствительностью к конкретному типу изделий, тем самым ограничивая условия контроля. Основные недостатки ультразвукового контроля:

- Невозможность определения реальных форм несплошностей как при рентгенографии, по этой причине результаты контроля сводятся на эквивалентный размер дефекта, например, в изделии существуют два дефекта с одинаковыми размерами и расположены на одной и той же глубине и на одной и той же отдаленности от пьезоакустического датчика, при этом один из дефектов заполнен воздухом другой состоит из шлаковых

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист 52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

включений. В таких условиях, одинаковые по геометрическим размерам несплошности при УЗК будут определены как два различных по эквивалентной площади несплошности. Причиной такого «неправильного» определения является различная степень отражения акустических волн от несплошностей с разной плотностью.

- Некоторые несплошности в силу их характера, формы или расположения в объекте иногда практически не обнаруживаются. Необходим плотный контакт датчика с объектом контроля, что в полевых условиях достичь не всегда возможно.
- При ультразвуковом контроле металлов с крупнозернистой структурой, из-за большого рассеяния и сильного затухания ультразвука выявляемость сильно падает.

Капиллярный контроль. Основным регламентирующим документом является ГОСТ 18442-80 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования». Контроль осуществляется путем нанесения жидких проникающих веществ на поверхность объекта, вещества проникают в полость дефекта и образуют на поверхности индикаторные следы. Недостатком капиллярного контроля является сложность механизации и автоматизации процесса контроля; снижение выявляемости дефектов при отрицательных температурах окружающего воздуха; ограниченный срок хранения специальных веществ от условий хранения; невозможность контроля сварных швов из-за необходимости зачистки; невозможно обнаружить внутренние дефекты в материале.

Магнитопорошковыми (МПД), вихретоковыми и феррозондовыми (ФЗК) методами контроля выявляются подповерхностные и поверхностные дефекты в изделиях из ферромагнитных материалов. Вероятность обнаружения обеспечивается если плоскость самого дефекта образует прямой угол с направлением магнитного потока, если же не под прямым

					Методы повышения надежности эксплуатации РВС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

углом, то вероятность обнаружения существенно снижается. Следует отметить, при обследовании эксплуатирующихся объектов поверхность контроля должна быть зачищена от окалин, коррозии, брызгов наплавленного металла и соответствовать шероховатости поверхности не менее Rz 40. В процессе зачистки, поверхность контроля неизбежно подвергается наклепу металла, что приводит к высокой вероятности принятия наклепа за дефект.

Вихретоковый контроль (электромагнитный контроль) так же, как и магнитопорошковый контроль, но более эффективно выявляет поверхностные и подповерхностные дефекты в ферромагнитных материалах. Недостатком метода является невозможность выявления дефектов, расположенных глубоко в толщине контролируемого материала.

Радиационный (рентгенографический) метод НК. К недостаткам радиационных и рентгенографических методов прежде всего является влияние здоровью человека рентгеновских лучей, в связи с этим требуются специальные меры по защите от излучений радиации, поэтому в соответствии с нормативными документами предусмотрены особые меры безопасности при их выполнении, например, экранирование, увеличение расстояния от источника излучения и ограничение времени пребывания дефектоскописта в опасной зоне. Помимо этого, эти методы обладают следующими технологическими недостатком:

- невозможно обнаружить наиболее опасные плоскостные дефекты, так как они практически не влияют на торможение лучистой энергии: совокупная плотность остается одинаковой в области дефекта и вне ее, как показана на рисунке 1.3.
- не выявляются несплошности малого раскрытия (трещины, непровары), расположенные под углом более $7 - 12^\circ$ к направлению просвечивания, метод малоэффективен для угловых швов.

					Методы повышение надежности эксплуатации РВС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

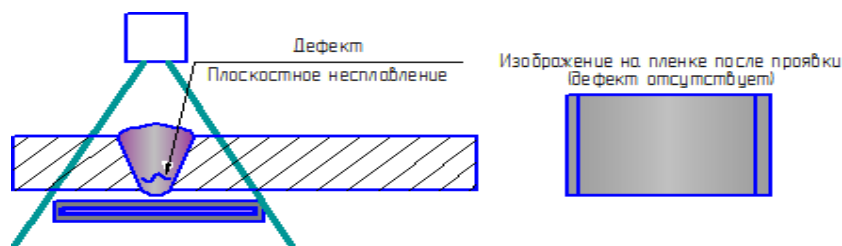


Рис. 1.6.2.1 - Пропуск существующего дефекта при РК
Акустико-эмиссионный контроль. Целью АЭ-контроля является обнаружение, определение координат и слежение (мониторинг) за источниками акустической эмиссии, связанными с несплошностями на поверхности или в объеме стенки резервуара, сварного соединения и изготовленных частей и компонентов. АЭ-метод может быть использован также для оценки скорости развития дефекта в целях заблаговременного прекращения испытаний и предотвращения разрушения изделия. Регистрация АЭ позволяет определить образование свищей, сквозных трещин, протечек в уплотнениях, заглушках, арматуре и фланцевых соединениях.

АЭ-контроль технического состояния обследуемых объектов проводится только при создании в конструкции напряженного состояния, инициирующего в материале объекта работу источников АЭ. Для этого объект подвергается нагружению силой, давлением, температурным полем и т.д. Выбор вида нагрузки определяется конструкцией объекта и условиями его работы, характером испытаний. Например, при проведении АЭ контроля вертикальных резервуаров нагружение создается путем его наполнения водой, схема представлена на рисунке 1.6.2.2.

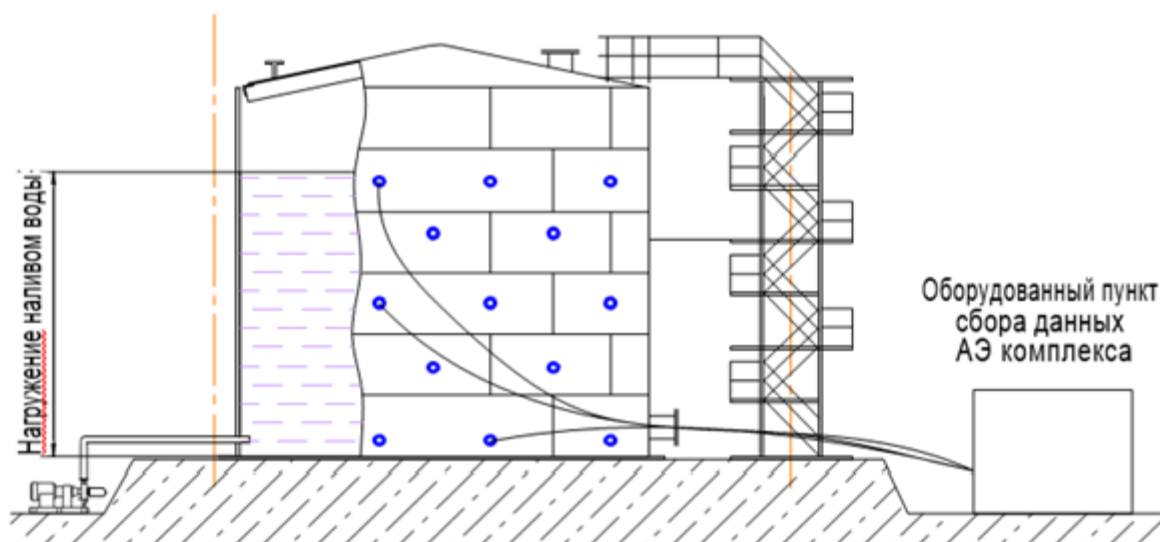


Рис. 1.6.2.2 – Проведение АЭ контроля РВС

По сравнению с другими методами НК, выявляемость дефектов АЭ контроля не зависит от положения и ориентации дефектов, что является одним из основных преимуществ. Тем не менее, особенностью АЭ метода является ограниченное применение - характеризующимся трудностью выделения сигналов АЭ из помех. Это объясняется тем, что сигналы АЭ являются шумоподобными, поскольку АЭ есть стохастический импульсный процесс и отфильтровать акустические импульсы дефектов от импульсов посторонних шумов остается достаточно сложной задачей.

Глава 2. Аналитический и численный методы расчета резервуара.

2.1 Аналитический метод расчета напряженно-деформированного состояния резервуара.

Расчет НДС вертикального стального резервуара аналитическим методом представляет собой частную задачу общей теории цилиндрической оболочки. Рассмотрим вопрос деформирования тонкой цилиндрической оболочки со стенками постоянной толщины. Как правило, задачи, связанные с деформацией круговой цилиндрической оболочки, находящейся под действием осесимметричной гидростатической нагрузки, решаемые аналитическим методом, сводятся к дифференциальному уравнению (1)

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta^4 w = \frac{Z}{D} \quad (1)$$

где Z – компонента интенсивности действия внешней нагрузки на оболочку в направлении, параллельной оси x , Па;

D – цилиндрическая жесткость оболочки при изгибе, кг*м;

β – коэффициент деформации стенки, 1/м;

w – компонента радиального перемещения перпендикулярно оси резервуара, м;

x – координата стенки по высоте, отсчитывая от уторного шва резервуара, м.

Решение общего уравнения изгиба цилиндрической оболочки (1) имеет вид:

$$w = e^{\beta x}(C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x) + e^{-\beta x}(C_3 \cos \beta x + C_4 \sin \beta x) + f(x) \quad (2)$$

					Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Ахметзянов Э.Р			Аналитический и численный методы расчета резервуара	Лит.		Лист		Листов	
Руковод.		Шадрина А.В.						57		134	
Консульт.						ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72					
Проверила		Шадрина А.В.									

где $f(x)$ – частное решение уравнения (1);

$C_{1,4}$ – постоянные интегрирования, определяемые в каждом частном случае из условий на концах цилиндрической оболочки;

Для того чтобы вычислить напряжения в стенке, необходимо сперва подставить в уравнение (1) следующее соотношение:

$$Z = -\gamma(d - x) \quad (3)$$

где d – высота резервуара, м;

γ – плотность хранимой жидкости, кг/м³.

Получим следующее уравнение:

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta^4 w = \frac{-\gamma(d - x)}{D} \quad (4)$$

Частным интегралом этого уравнения будет следующее соотношение:

$$w_1 = \frac{-\gamma(d - x)d^4 w}{4\beta^4 d} = \frac{-\gamma(d - x)a^2}{Eh} \quad (5)$$

где a – радиус резервуара, м;

E – модуль упругости при растяжении и сжатии для стали, Па;

h – толщина стенки, м.

Подставляя выражение (5) в уравнение (2), можно получить общее решение уравнения (4):

$$w = e^{\beta x}(C_1 \cos \beta x + C_2 \sin \beta x) + e^{-\beta x}(C_3 \cos \beta x + C_4 \sin \beta x) - \frac{\gamma(d - x)a^2}{Eh} \quad (6)$$

На практике толщина стенки h в большей части случаев крайне мала по сравнению с радиусом резервуара a , так и в случае с глубиной d , таким образом, можно считать оболочку бесконечно длинной.

Постоянные C_1 и C_2 при этом обращаются в ноль, получаем выражение

$$w = e^{-\beta x}(C_3 \cos \beta x + C_4 \sin \beta x) - \frac{\gamma(d-x)a^2}{Eh} \quad (7)$$

Из условий, характеризующих геометрию днища РВС, можно определить постоянные C_3 и C_4 . Если предположить, что нижний край стенки защемлен в абсолютно жесткий фундамент, то граничные условия будут иметь вид:

$$(w)_{x=0} = C_3 - \frac{\gamma a^2 d}{Eh} = 0 \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{dw}{dx}\right)_{x=0} = [-\beta C_3 e^{-\beta x}(\cos \beta x + \sin \beta x) + \beta C_4 e^{-\beta x}(\cos \beta x - \sin \beta x) \\ + \frac{\gamma a^2}{Eh}]_{x=0} = \beta(C_4 - C_3) + \frac{\gamma a^2}{Eh} = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

Из этих уравнений получаем значения коэффициентов C_3 и C_4 :

$$C_3 = \frac{\gamma a^2 d}{Eh}; C_4 = \frac{\gamma a^2}{Eh} \left(d - \frac{1}{\beta}\right) = 0 \quad (10)$$

Подставляя значения коэффициентов C_3 и C_4 в уравнение (7) получим уравнение, с помощью которого можно вычислить прогиб в любой точке резервуара по высоте:

$$w = -\frac{\gamma a^2}{Eh} \left\{ d - x - e^{-\beta x} \left[d \cos \beta x + \left(d - \frac{1}{\beta}\right) \sin \beta x \right] \right\} \quad (11)$$

Напряжения в стенке по высоте можно найти из выражения (12), полученного из выражения (11) путем умножения на частное от деления модуля Юнга на радиус резервуара:

$$\sigma = -\frac{\gamma a}{h} \left\{ d - x - e^{-\beta x} \left[d \cos \beta x + \left(d - \frac{1}{\beta}\right) \sin \beta x \right] \right\} \quad (12)$$

Для нахождения коэффициента деформации стенки – β , необходимо рассчитать значения цилиндрической жесткости D и коэффициент постели K согласно формулами 13 – 15:

$$D = \frac{E \cdot h}{12 \cdot (1 - \mu^3)} \quad (13)$$

где μ – коэффициент Пуассона.

$$K = \frac{E \cdot h}{a^2} \quad (15)$$

где a – радиус резервуара.

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K}{4D}} \quad (13)$$

Все расчеты по формулам приведены в таблице ниже 2.1.1.

					Аналитический и численный методы расчета резервуара	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.1.1

				х, см (высота стенки)	h, мм, (толщина стенки)	D, кг*см (Цилиндр ическая жесткость ь)	K, кг/см ³ (Козф. постели)	Betta, 1/см (козф. деформ. стенки)	w, мм (прогиб стенки)	Sigma, МПа (Напряж ения в стенке)	Анчис прогиб	Анчис напряже ния
сталь 09Г2С												
модуль упругости 2*10 ¹¹ Па	2039432	кг/см ²		0	6	112056,7	2,12	0,046657	0,00000	0,00	0	0
коэффициент Пуассона μ	0,3			25	6	112056,7	2,12	0,046657	2,92551	77,09	3,7637	94,1
плотность нефти	0,0009	кг/см ³		50	6	112056,7	2,12	0,046657	4,86273	128,14	5,073	130,41
радиус	759	см		75	6	112056,7	2,12	0,046657	4,96346	130,79	4,8131	126,94
высота стенки	1200	см		100	6	112056,7	2,12	0,046657	4,70996	124,11	4,6453	122,45
				125	6	112056,7	2,12	0,046657	4,54781	119,84	4,5486	120,08
				150	6	112056,7	2,12	0,046657	4,44243	117,06	4,4502	117,41
				175	6	112056,7	2,12	0,046657	4,34209	114,42	4,3462	114,54
				200	6	112056,7	2,12	0,046657	4,23748	111,66	4,2476	111,76
				225	6	112056,7	2,12	0,046657	4,13133	108,86	4,1462	109,1
				250	6	112056,7	2,12	0,046657	4,02522	106,07	4,0396	106,17
				275	6	112056,7	2,12	0,046657	3,91927	103,27	3,9311	103,49
				300	6	112056,7	2,12	0,046657	3,81336	100,48	3,8247	100,53
				325	6	112056,7	2,12	0,046657	3,70744	97,69	3,7196	97,7
				350	6	112056,7	2,12	0,046657	3,60151	94,90	3,6149	94,871
				375	6	112056,7	2,12	0,046657	3,49558	92,11	3,5096	92,024
				400	6	112056,7	2,12	0,046657	3,38965	89,32	3,4031	89,297
				425	6	112056,7	2,12	0,046657	3,28373	86,53	3,2962	86,509
				450	6	112056,7	2,12	0,046657	3,17780	83,74	3,1896	83,71
				475	6	112056,7	2,12	0,046657	3,07187	80,95	3,083	80,909
				500	6	112056,7	2,12	0,046657	2,96595	78,15	2,9769	78,12
				525	6	112056,7	2,12	0,046657	2,86002	75,36	2,8695	75,295
				550	6	112056,7	2,12	0,046657	2,75409	72,57	2,751	72,227
				575	6	112056,7	2,12	0,046657	2,64817	69,78	2,6565	70,46
				600	5	93380,6	1,77	0,046657	3,05069	80,39	2,7893	73,553
				625	5	93380,6	1,77	0,046657	2,92358	77,04	2,9314	76,385
				650	5	93380,6	1,77	0,046657	2,79647	73,69	2,8153	73,988
				675	5	93380,6	1,77	0,046657	2,66935	70,34	2,6784	70,303
				700	5	93380,6	1,77	0,046657	2,54224	66,99	2,5519	66,976
				725	5	93380,6	1,77	0,046657	2,41513	63,64	2,4242	63,654
				750	5	93380,6	1,77	0,046657	2,28802	60,29	2,2959	60,292
				775	5	93380,6	1,77	0,046657	2,16090	56,94	2,1681	56,953
				800	5	93380,6	1,77	0,046657	2,03379	53,59	2,0407	53,591
				825	5	93380,6	1,77	0,046657	1,90668	50,24	1,9132	50,22
				850	5	93380,6	1,77	0,046657	1,77957	46,89	1,7851	46,893
				875	5	93380,6	1,77	0,046657	1,65246	43,54	1,6573	43,568
				900	5	93380,6	1,77	0,046657	1,52534	40,19	1,5304	40,241
				925	5	93380,6	1,77	0,046657	1,39823	36,84	1,4032	36,929
				950	5	93380,6	1,77	0,046657	1,27112	33,49	1,2746	33,627
				975	5	93380,6	1,77	0,046657	1,14401	30,15	1,146	30,397
				1000	5	93380,6	1,77	0,046657	1,01690	26,80	1,0183	26,862
				1025	5	93380,6	1,77	0,046657	0,88978	23,45	0,89048	23,436
				1050	5	93380,6	1,77	0,046657	0,76267	20,10	0,76237	20,084
				1075	5	93380,6	1,77	0,046657	0,63556	16,75	0,63461	16,721
				1100	5	93380,6	1,77	0,046657	0,50845	13,40	0,50717	13,374
				1125	5	93380,6	1,77	0,046657	0,38134	10,05	0,38005	10,027
				1150	5	93380,6	1,77	0,046657	0,25422	6,70	0,25283	6,6685
				1175	5	93380,6	1,77	0,046657	0,12711	3,35	0,12545	3,3228
				1200	5	93380,6	1,77	0,046657	0,00000	0,00	1,01E-02	0,374

2.2 Численный метод расчета напряженно деформированного состояние резервуара. Конечно-элементная модель РВС-2000.

Метод конечных элементов (МКЭ), являясь численным методом, позволяет решать широкий спектр физических задач, которые математически формулируются с помощью систем дифференциальных уравнений. Этот метод подходит для глубокого анализа напряженно-деформированного состояния металлоконструкций. МКЭ предшествовали различные методы строительной механики и механики твердого деформируемого тела, использующие дискретизацию, такие как: метод сил, метод перемещений. Область применения МКЭ расширилась, когда для его обоснования стали использоваться методы взвешенных невязок – Галеркина и наименьших квадратов, тем самым превратившись в универсальный способ решения дифференциальных уравнений.

Исходный объект, являющийся материальным телом, разбивается на части – конечные элементы, в результате чего образуется сетка из границ элементов. Точки пересечения границ образуют узлы, таким образом создается общая конечно-элементная модель деформируемого тела. Выбор типа, формы и размеров конечных элементов зависит от формы тела и вида НДС. Так в различных сочетаниях могут быть использованы: плоский двумерный КЭ, объемный трехмерный КЭ, стержневой КЭ, кольцевой КЭ, оболочечный КЭ и др. Все конечные элементы имеют различные свойства, которые задаются с помощью констант и опций. Все элементы и узлы имеют глобальную и локальную нумерации, что позволяет добиваться наименьшей трудоемкости вычислений, также существуют алгоритмы оптимизации нумерации. При решении задачи должны быть определены массивы связей между номерами элементов и номерами узлов. Для расчета полей различных физических величин с помощью МКЭ в рассматриваемой области нужно определить материалы элементов и задать их физико-механические свойства. В задачах деформирования следует указывать упругие свойства – коэффициент Пуассона и модуль упругости. В случае наличия пластических

					Аналитический и численный методы расчета резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

деформаций необходимо задать диаграммы деформирования для реальных материалов. Диаграммы при этом аппроксимируются билинейными или мульти линейными кривыми.

2.2.1 Геометрическое моделирование PBC 2000

Геометрическая модель представлена на рисунке 2.2.1.1. На рисунке 2.2.1.1 представлен разрез геометрической модели.

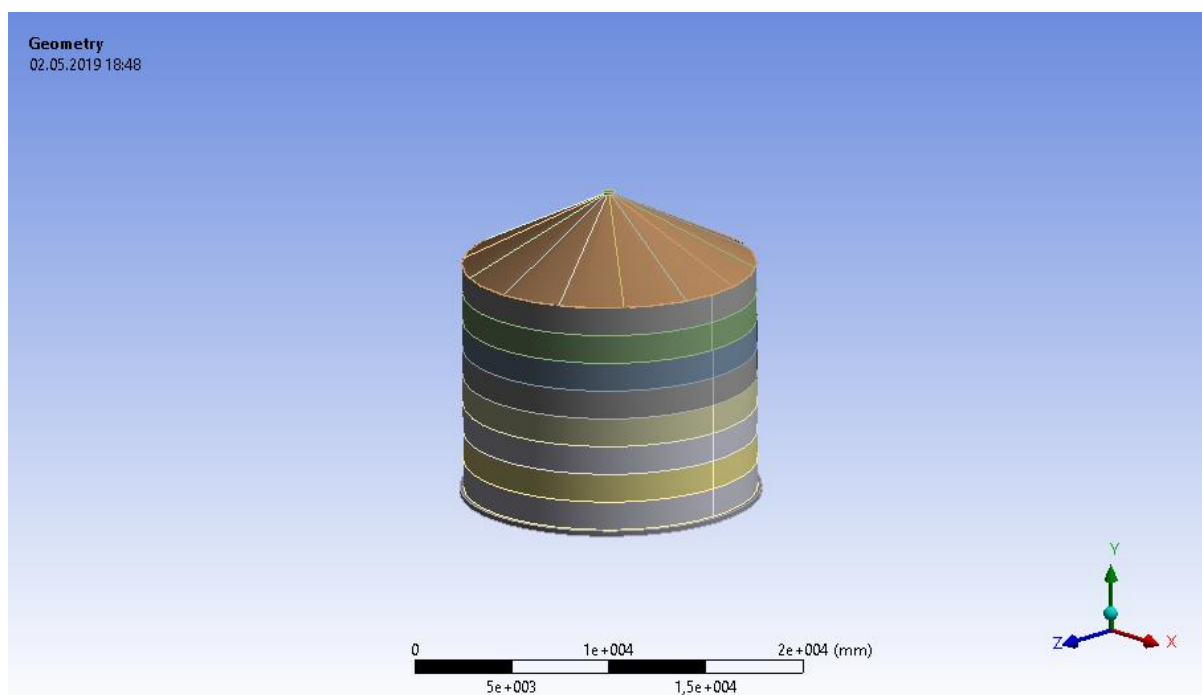


Рисунок 2.2.1.1 – Общий вид геометрической модель

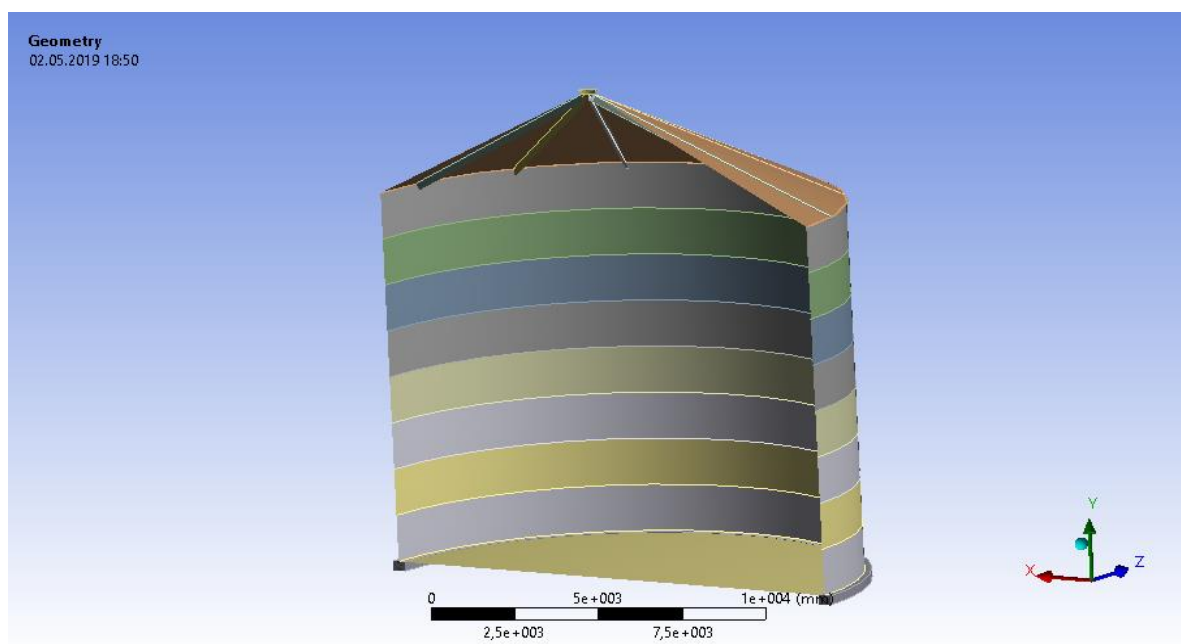


Рисунок 2.2.1.2 – Разрез геометрической модели

					Аналитический и численный методы расчета резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Геометрическая модель состоит из 8 поясов, крыши, днища, опорного кольца, балок, патрубка на крыше. Толщина листов для 4-х нижних поясов составляет 6 мм. Толщина листов для 4-х верхних поясов составляет 5 мм. Толщина листов на днище составляет 4 мм. Толщина листов на крыше составляет 4 мм. Балки выполнены из швеллера №22. Внутренний диаметр резервуара равен 15180 мм. Высота стенки составляет 12000 мм. Угол наклона крыши составляет 20°. Патрубок на крыше выполнен из трубы 530x8. Опорное кольцо имеет ширину 800 мм и толщину 300 мм.

2.2.2 Конечно-элементная модель

На основании геометрической модель была построена конечно-элементная модель. Она представлена на рисунке 2.2.2.1.

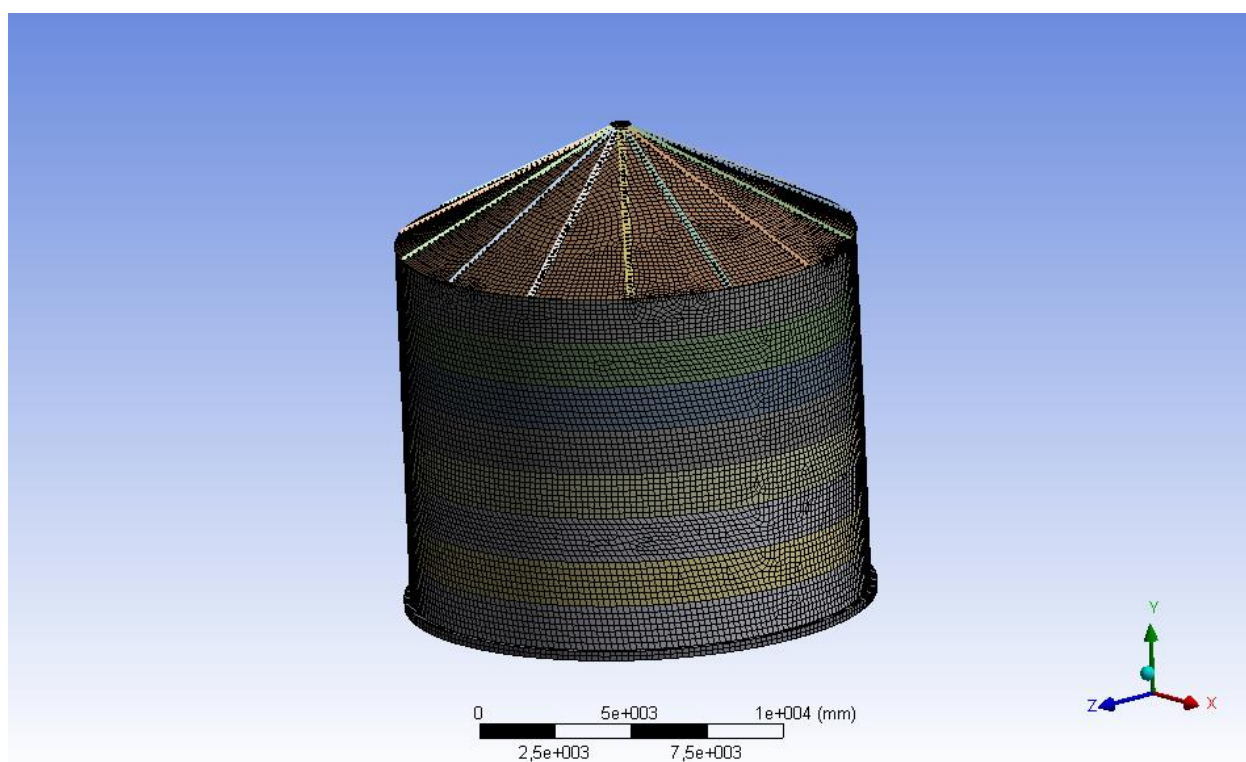


Рисунок 2.2.2.1– Конечно-элементная модель резервуара

Конечно-элементная модель состоит из 27655 элементов второго порядка и 87102 узлов. При построении модели использовались три типа элемента. Название элемента, количество и элемент конструкции указаны в таблице 2.2.2.1.

					Аналитический и численный методы расчета резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

Таблица 2.2.2.1. Тип конечного элемента.

Тип конечного элемента	Элемент конструкции резервуара	Кол-во конечных элементов
Shell281	Крыша, патрубок на крыше, днище, все пояса	26401
Soli186	Опорное кольцо	974
Beam189	Балки	280

2.2.3 Начальные и граничные условия

Между крышей и балками был применен контакт bonded, Такой же контакт был применен между днищем, нижнем поясом и опорным кольцом. Нагрузка была приложена в виде гидростатического давления на полную высоту стенки резервуара, 12000 мм. Приложенное гидростатическое давление представлено на рисунке 2.2.3.1. Плотность среды равна 0,0009 кг/см³.

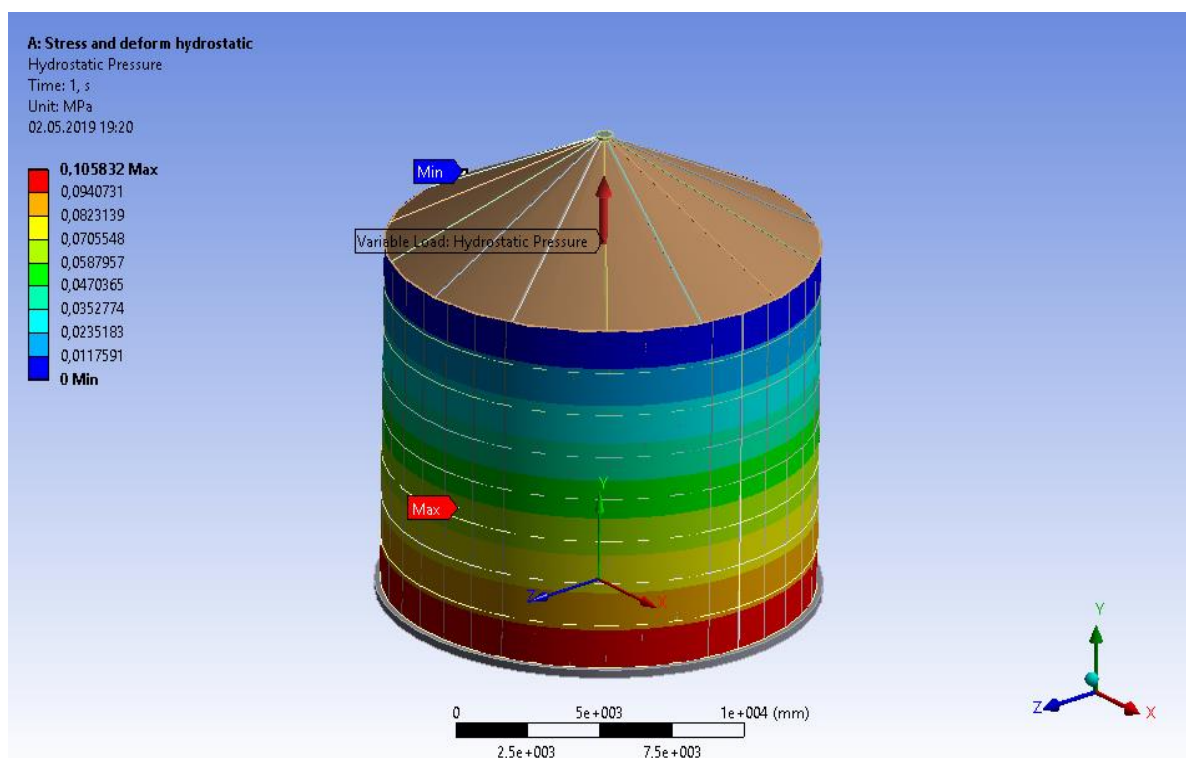


Рисунок 2.2.3.1 – Гидростатическое давление.

Опорное кольцо и днище были полностью закреплены от перемещений. «Жесткая заделка» представлена на рисунке 5 (синяя область).

					Аналитический и численный методы расчета резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

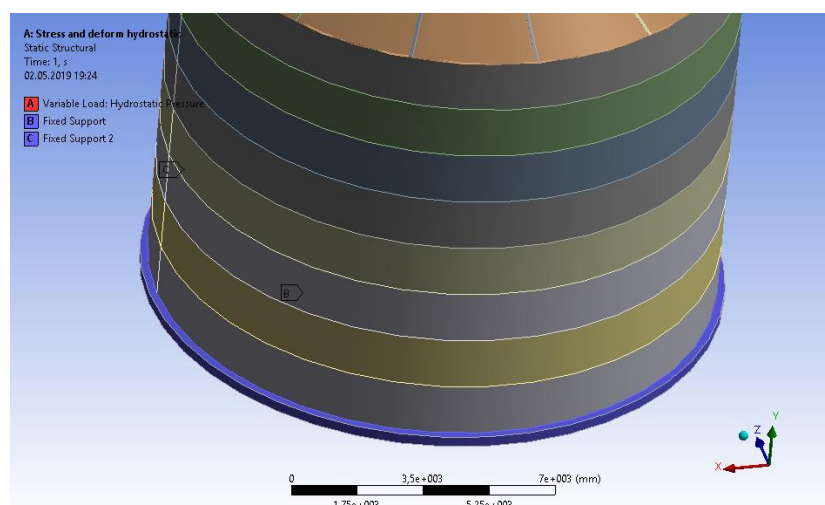
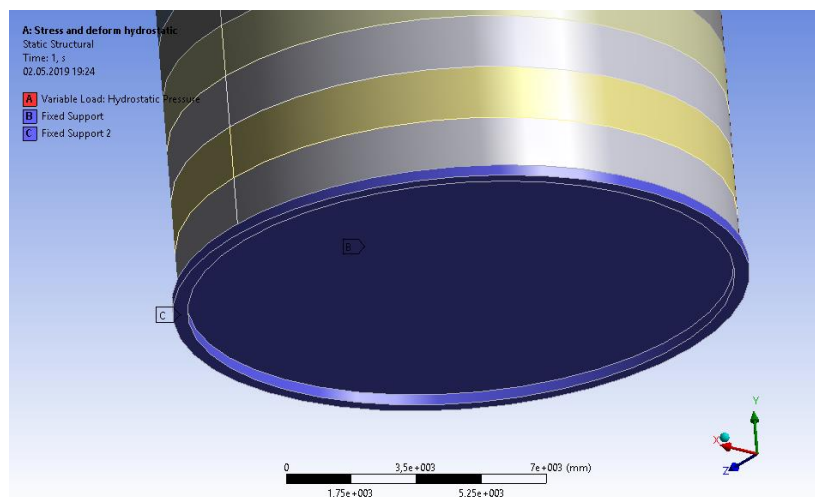


Рисунок 2.2.3.2 – «Жесткая заделка»

1. Результаты расчета

Результаты расчета представлены на рисунках 2.2.3.3-2.2.3.4.

					Аналитический и численный методы расчета резервуара	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

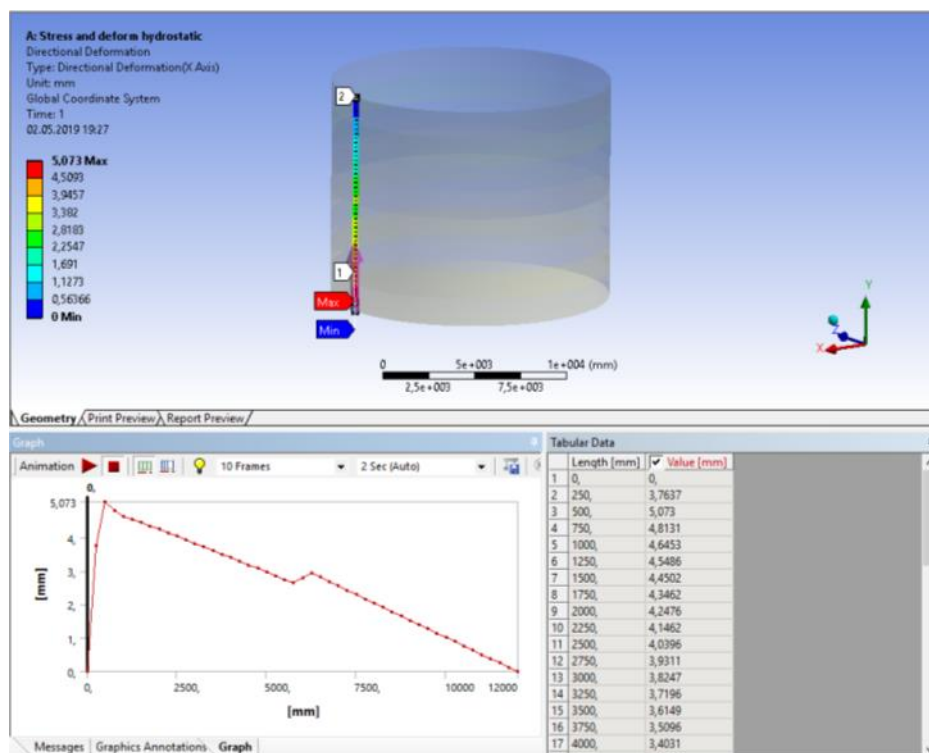


Рисунок 2.2.3.3 – Распределение горизонтальных перемещений по высоте стенки резервуара.

На рисунке 2.2.3.3 представлено распределение горизонтальных перемещений по высоте стенки резервуара от действия гидростатического давления. Как видно, максимальное горизонтальное перемещение, равное 5,07 мм, находится в стенке резервуара на высоте 500мм. В таблице 2.2.3.1 приведены результаты горизонтальных перемещений по высоте стенки с шагом 250 мм.

Таблица 2.2.3.1. Горизонтальные перемещения в стенке резервуара.

Высота стенки, мм	Гориз. перемещения, мм	Высота стенки, мм	Гориз. перемещения, мм
0	0	3250	3,7196
250	3,7637	3500	3,6149
500	5,073	3750	3,5096
750	4,8131	4000	3,4031
1000	4,6453	4250	3,2962
1250	4,5486	4500	3,1896
1500	4,4502	4750	3,083
1750	4,3462	5000	2,9769
2000	4,2476	5250	2,8695
2250	4,1462	5500	2,751
2500	4,0396	5750	2,6565
2750	3,9311	6000	2,7893
3000	3,8247	6250	2,9314

Продолжение таблицы 2.2.3.1

Высота стенки, мм	Гориз. перемещения, мм	Высота стенки, мм	Гориз. перемещения, мм
6500	2,8153	9500	1,2746
6750	2,6784	9750	1,146
7000	2,5519	10000	1,0183
7250	2,4242	10250	0,89048
7500	2,2959	10500	0,76237
7750	2,1681	10750	0,63461
8000	2,0407	11000	0,50717
8250	1,9132	11250	0,38005
8500	1,7851	11500	0,25283
8750	1,6573	11750	0,12545
9000	1,5304	12000	1,01E-02
9250	1,4032		

На рисунке 2.2.3.4. представлено распределение эквивалентных напряжений по высоте стенки резервуара.

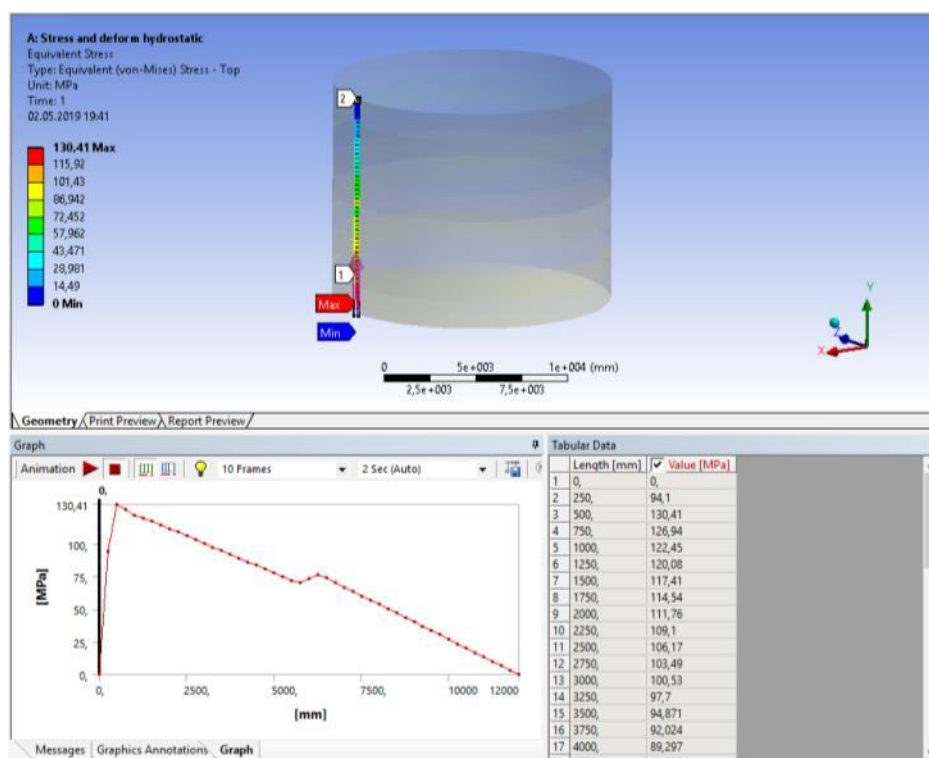


Рисунок 2.2.3.4 – Распределение эквивалентных напряжений по высоте стенки резервуара.

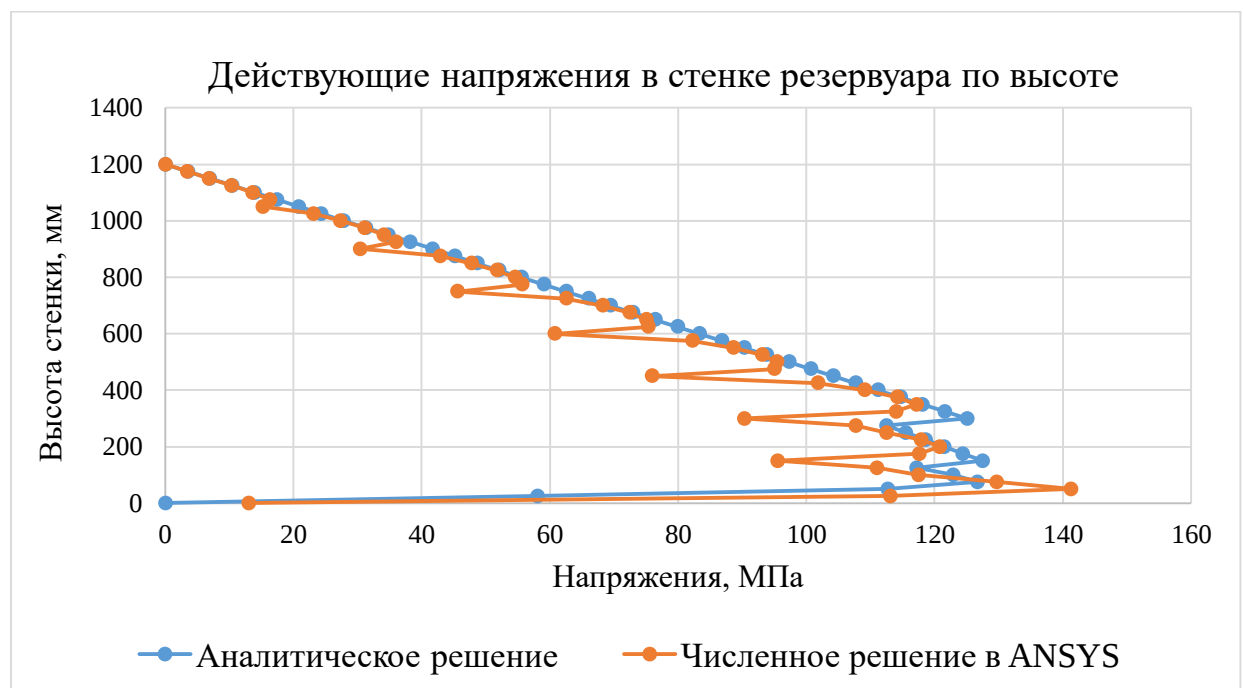
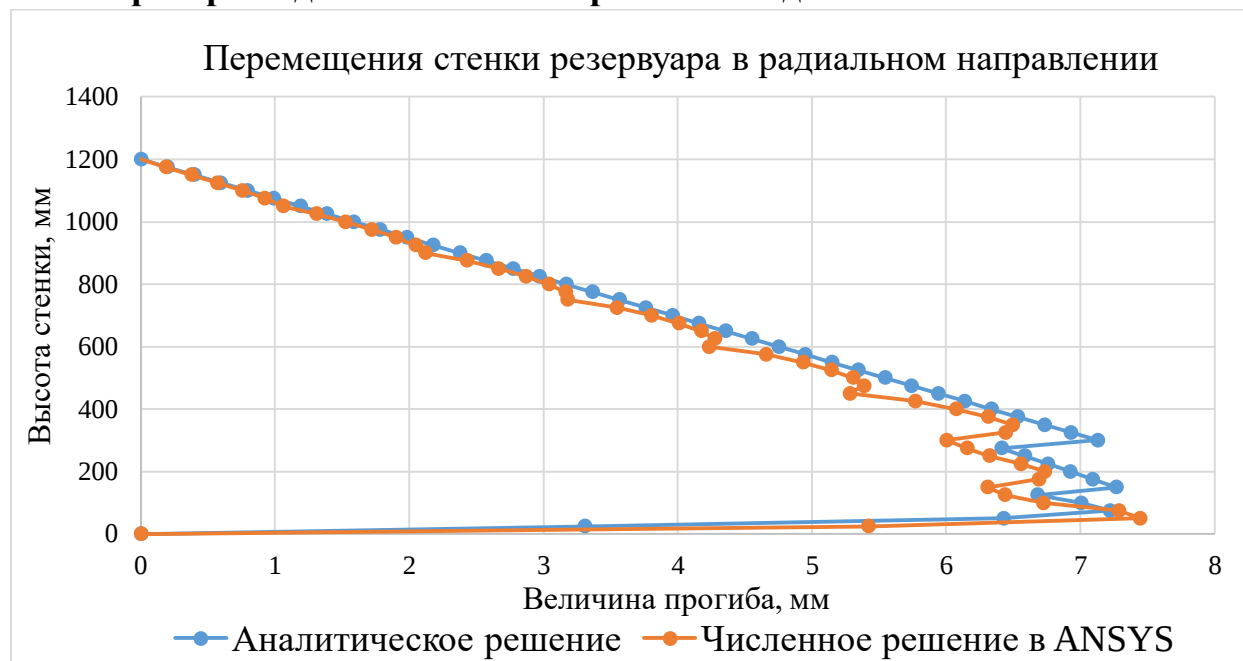
Как видно, максимальное эквивалентное напряжение, равное 130,4 МПа, находится в стенке резервуара на высоте 500мм. В таблице 2.2.3.2

приведены результаты горизонтальных перемещений по высоте стенки с шагом 250 мм.

Таблица 2.2.3.2. Горизонтальные перемещения в стенке резервуара.

Высота стенки, мм	Экв. напряжения, МПа	Высота стенки, мм	Экв. напряжения, МПа
0	0	6250	76,385
250	94,1	6500	73,988
500	130,41	6750	70,303
750	126,94	7000	66,976
1000	122,45	7250	63,654
1250	120,08	7500	60,292
1500	117,41	7750	56,953
1750	114,54	8000	53,591
2000	111,76	8250	50,22
2250	109,1	8500	46,893
2500	106,17	8750	43,568
2750	103,49	9000	40,241
3000	100,53	9250	36,929
3250	97,7	9500	33,627
3500	94,871	9750	30,397
3750	92,024	10000	26,862
4000	89,297	10250	23,436
4250	86,509	10500	20,084
4500	83,71	10750	16,721
4750	80,909	11000	13,374
5000	78,12	11250	10,027
5250	75,295	11500	6,6685
5500	72,227	11750	3,3228
5750	70,46	12000	0,374
6000	73,553		

2. 2.4 Проверка адекватности построенной модели РВС-2000



Сравниваем аналитическое решение и численное решение в ANSYS. При сравнении двух суммарных чисел по прогибу, процентное соотношение между 2 числами составляет 0.71%. Так же при сравнении напряжений процентное соотношение между 2 числами(напряжение) 0,27%. Следовательно, мы можем сделать вывод что построенная нами модель является адекватной.

Глава 3. Исследование НДС резервуара при наличии дефекта в стенке

3.1 Построение прямо-раздаточных патрубков РВС-2000.

Геометрическая модель с прямо-раздаточными патрубками представлена на рисунке 3.1.1.

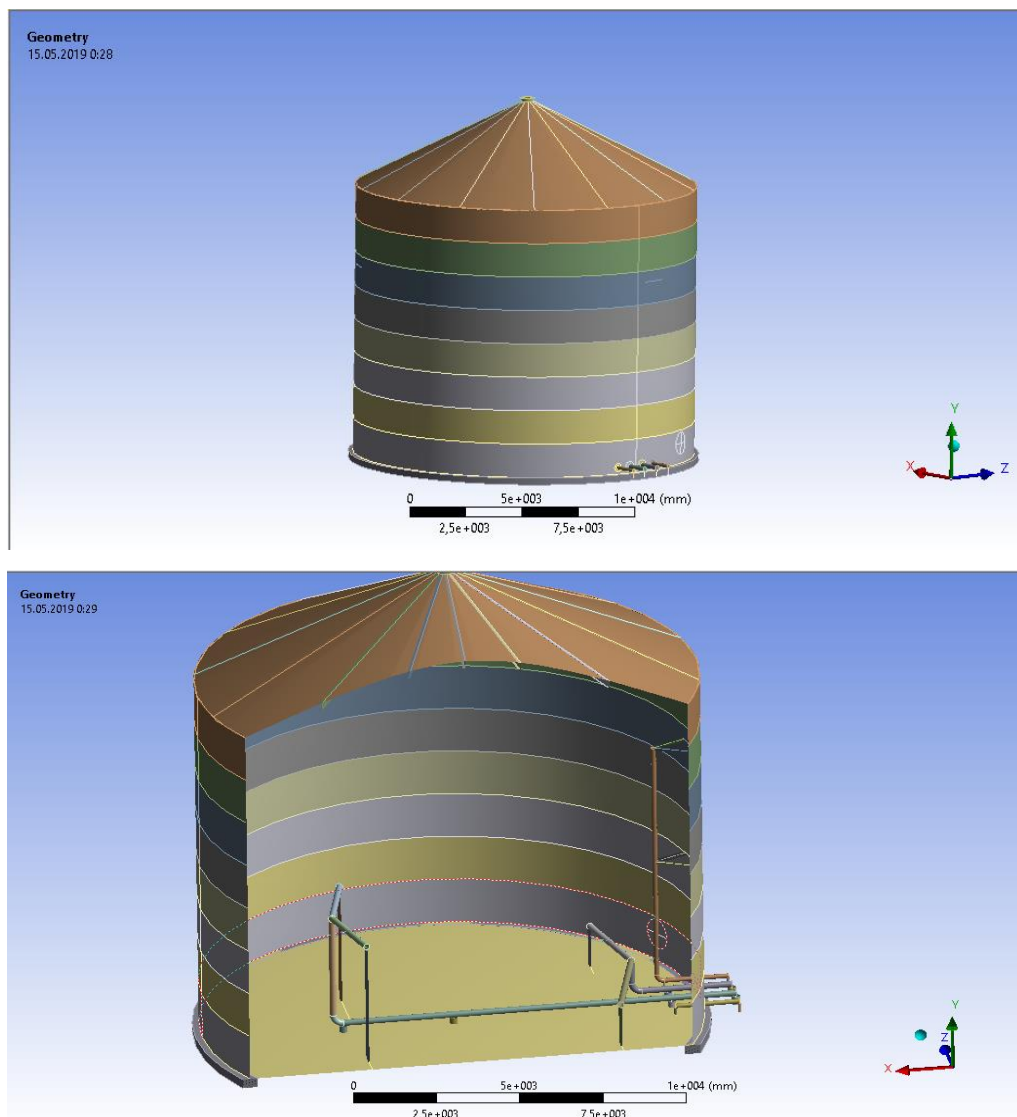


Рисунок 3.1.1– Геометрическая модель

На основании геометрической модели была построена конечно-элементная модель. Она представлена на рисунке 3.1.2.

					<i>Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Ахметзянов Э.Р				<i>Исследование НДС резервуара при наличии дефекта в стенке</i>		
Руковод.	Шадрина А.В.						
Консульт.							
Проверила	Шадрина А.В.						
					Лит.	Лист	Листов
						71	134
					ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72		

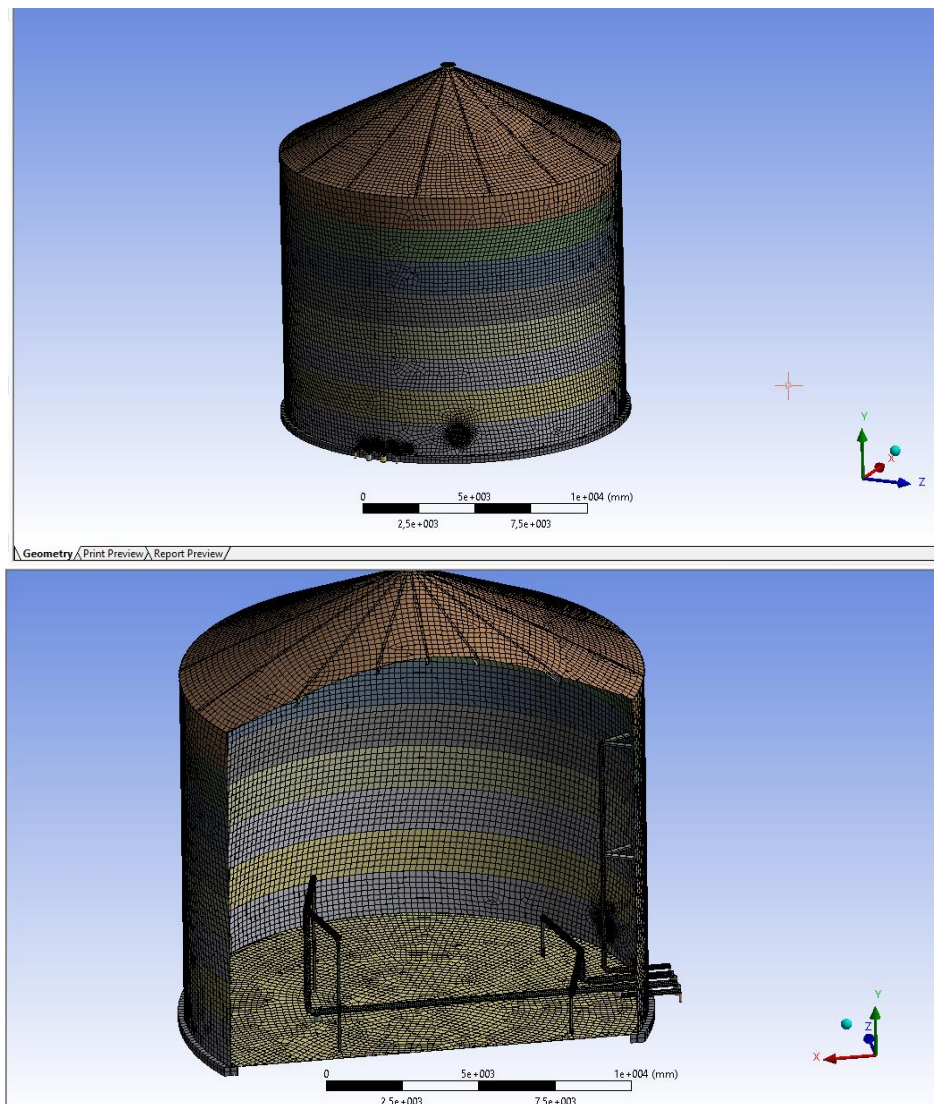


Рисунок 3.1.2 – Конечно-элементная модель

Конечно-элементная модель состоит из 37447 элементов 2-го порядка и 116400 узлов. Название элементов и описанные ими узлы конструкции приведены в таблице 3.1.1.

Таблица 3.1.1

Название элемента	Узел или элемент конструкции
Shell281	Крыша, днище, пояса, все трубы и патрубки
Solid186	Опорное кольцо
Beam189	Балки на крыши и все опоры труб и патрубков

3.2 Условия создания дефекта.

Решалась упругопластическая задача. Производилось исследование дефекта в первом поясе резервуара. Задача решалась в 3 шага. На первом шаге дефекта жестко закреплялся по периметру и ко всей поверхности прикладывалось давление (Рис. 3.2.1) 0,34 МПа. На втором шаге давление снималось и в конце второго шага оценивалось остаточное напряжение и перемещение в области дефекта. На 3 шаге жесткую заделку с дефекта снимали и нагружали всеми нагрузками (Рис. 3.3.2):

- снеговая = 1085 Па,
- ветровая = 200 Па,
- весовая = гравитация=9,8 м/с²,
- гидростатическое давление от нефти = 0 - 0,10583 МПа.

Опорное кольцо и днище закреплялось на упругой опоре. Далее решалась вторая задача. В ее условиях оставалось все то же, что и на 3 шаге расчета первой задачи, только снималось гидростатическое давление.

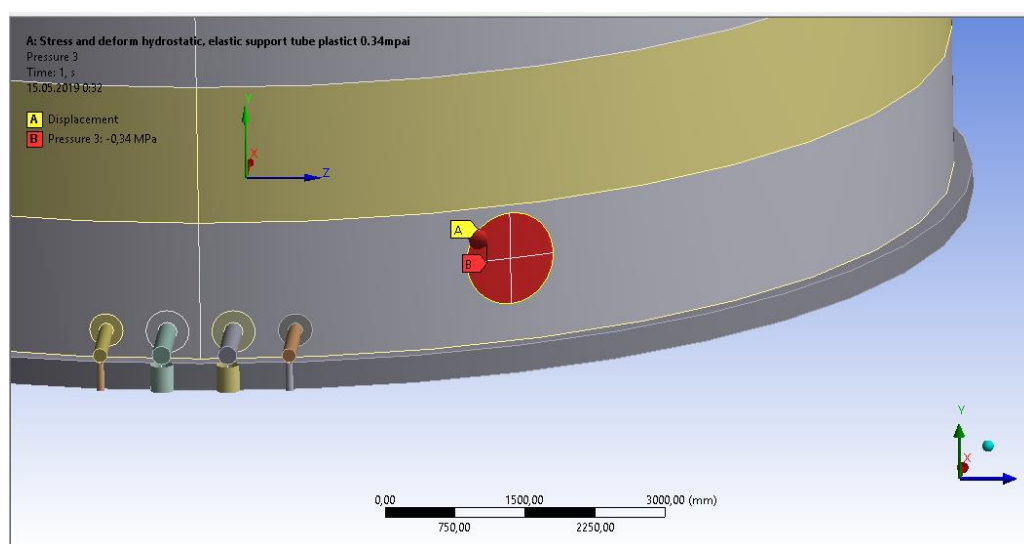


Рисунок 3.2.1 – Давление и крепление дефекта

3.3 Расчетная схема нагрузок, приложенных к модели.

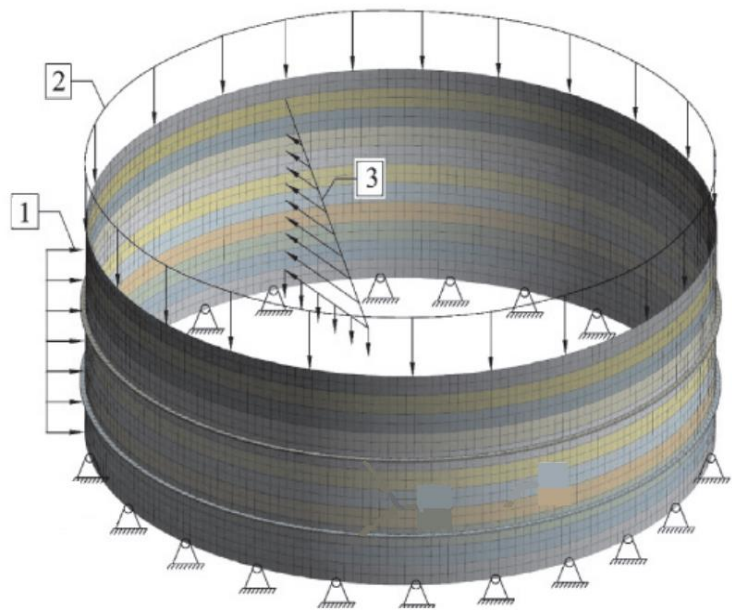
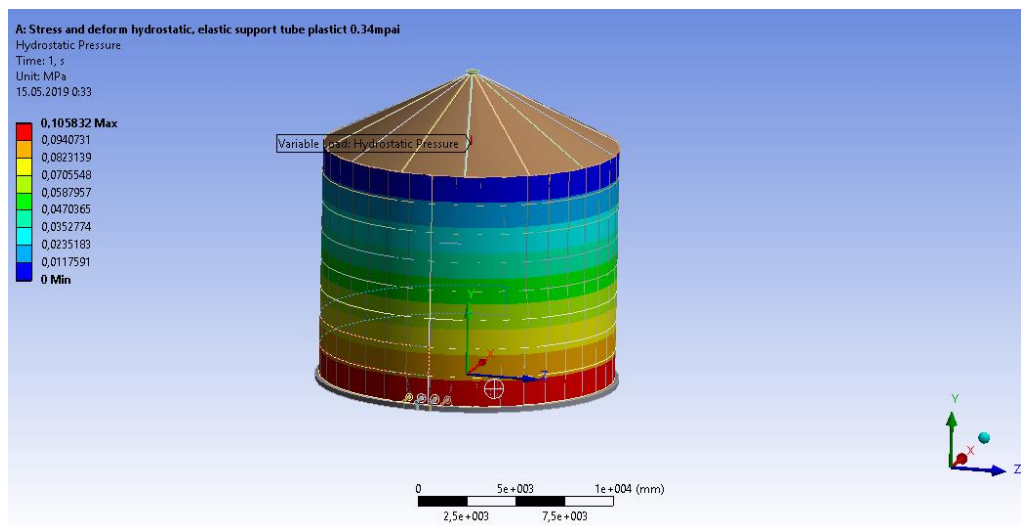
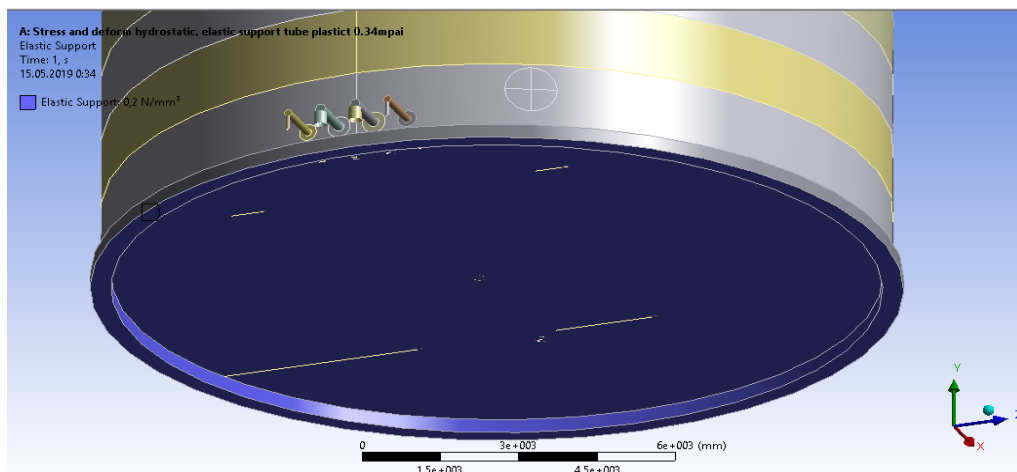


Рисунок 3.3.1 – Расчетная схема:

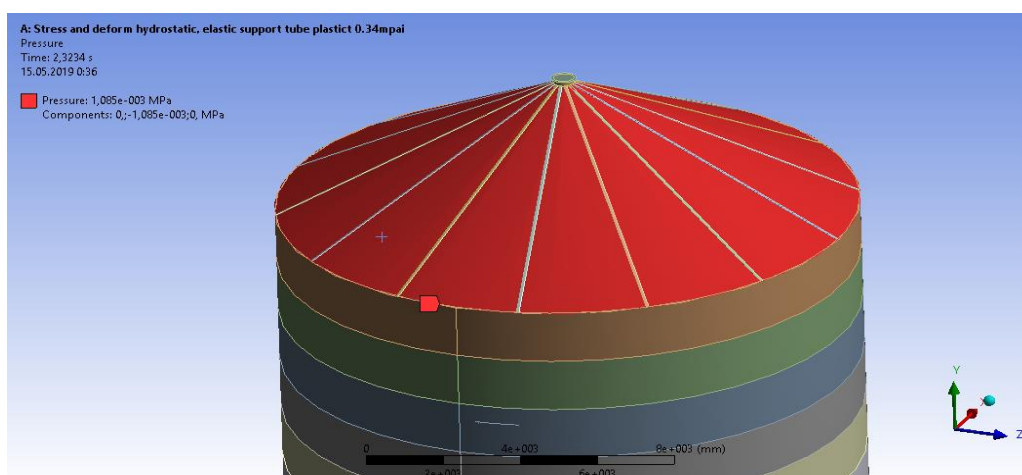
1 – ветровая нагрузка; 2 – нагрузка от веса стационарной кровли, установленного оборудования и снегового покрова; 3 – гидростатическая нагрузка.



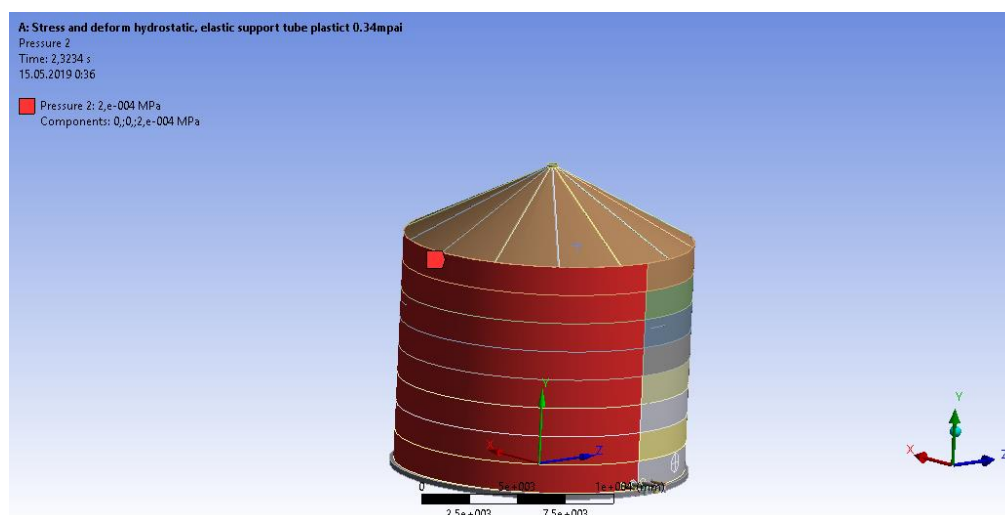
A)



Б)



В)



Г)

Рисунок 3.3.2 – На рисунках представлены все нагрузки и крепления модели:
А) Гидростатическое давление; Б) Упругая опора; В) Снеговая; Г) Ветровая.

3.4 Результаты расчета первого дефекта

На рисунках 3.4.1-3.4.2 показаны результаты после первого шага нагружения.

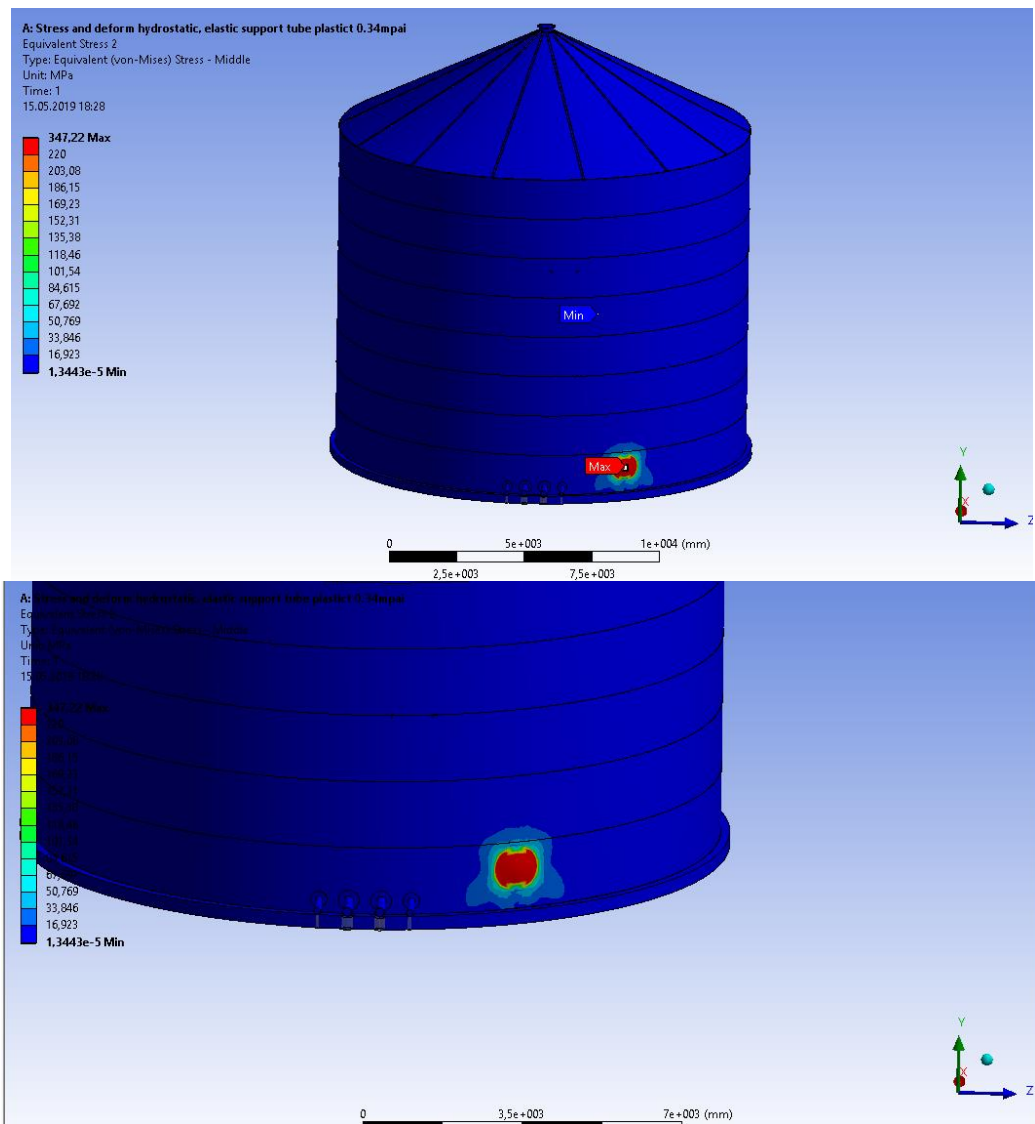


Рисунок 3.4.1– Напряжения в дефекте на момент 1 шага решения

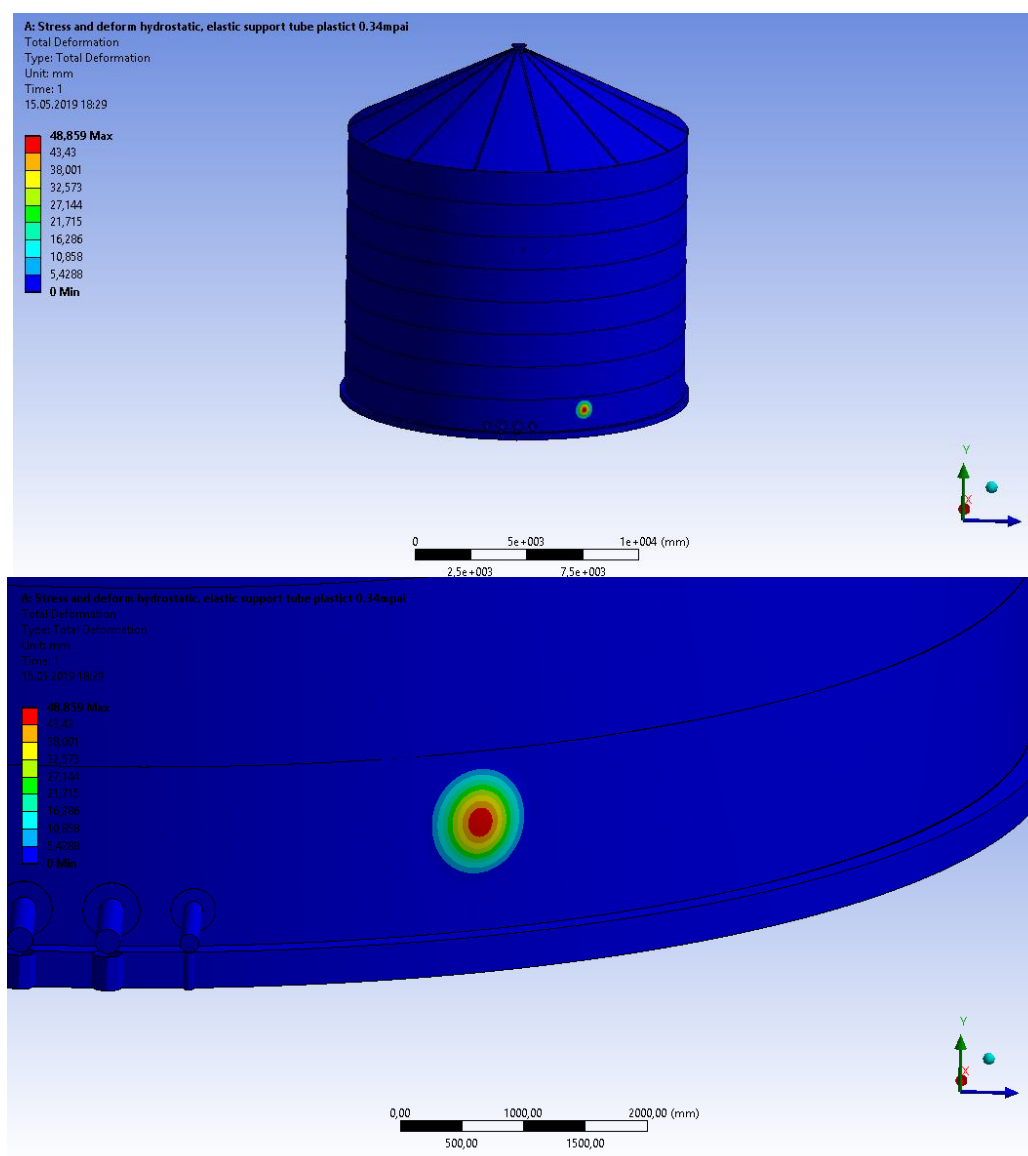


Рисунок 3.4.2 – Перемещения в дефекте на момент 1 шага решения

Из результатов видно, что максимальное напряжение составляет 347,2МПа и превышает предел текучести. Также видим из рисунка 3.4.2, что максимальное перемещение в дефекте составило 48,9 мм.

На рисунках 3.4.2 -3.4.4 показаны результаты после 2 шага нагружения.

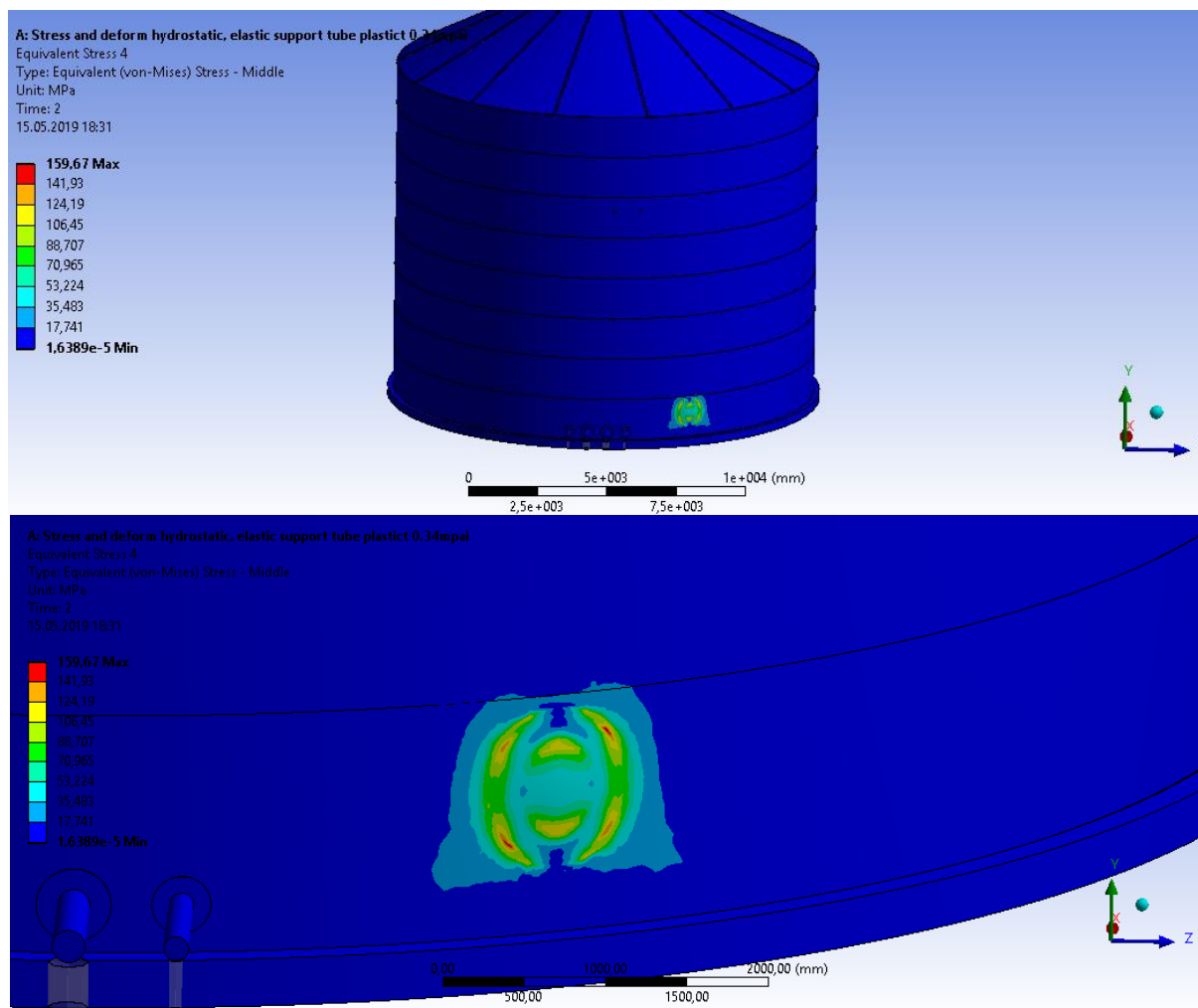


Рисунок 3.4.3 – Напряжения в дефекте на момент 2 шага решения

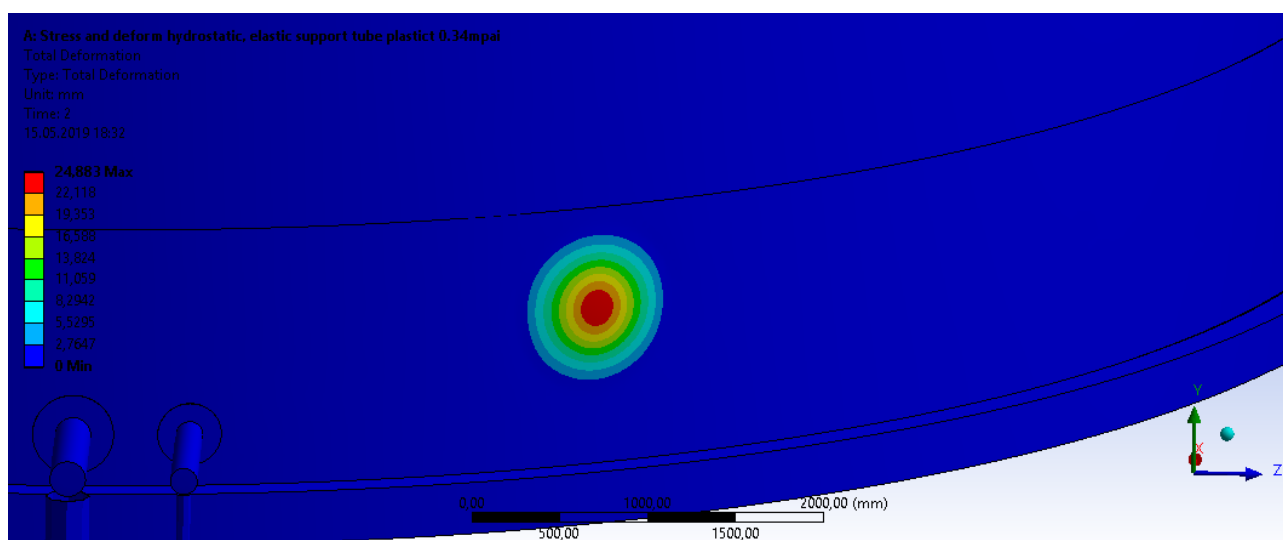
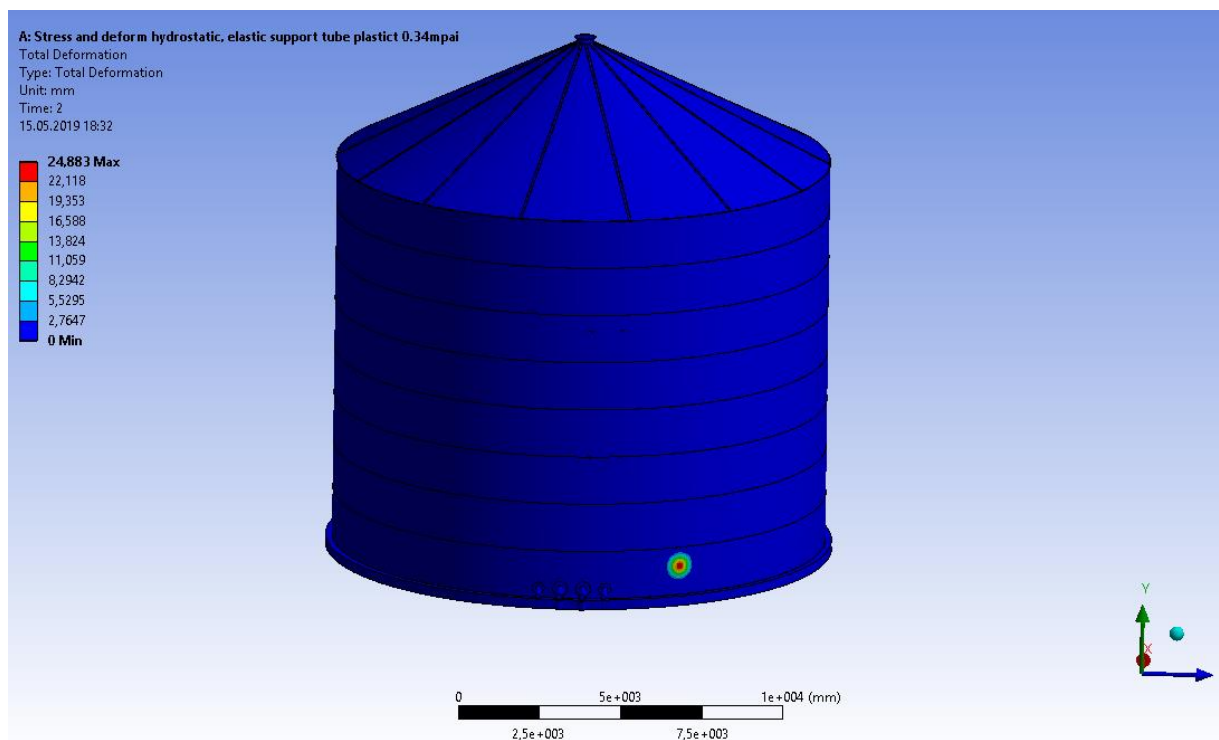


Рисунок 3.4.4 – Перемещения в дефекте на момент 2 шага решения

Из результатов видно, что максимальное напряжение составляет 159,7 МПа – это остаточные напряжения. Также видим из рисунка 3.4.4, что максимальное остаточное перемещение в дефекте составило 24,9 мм.

На рисунках 3.4.5-3.4.6 показаны результаты после 3 шага нагружения.

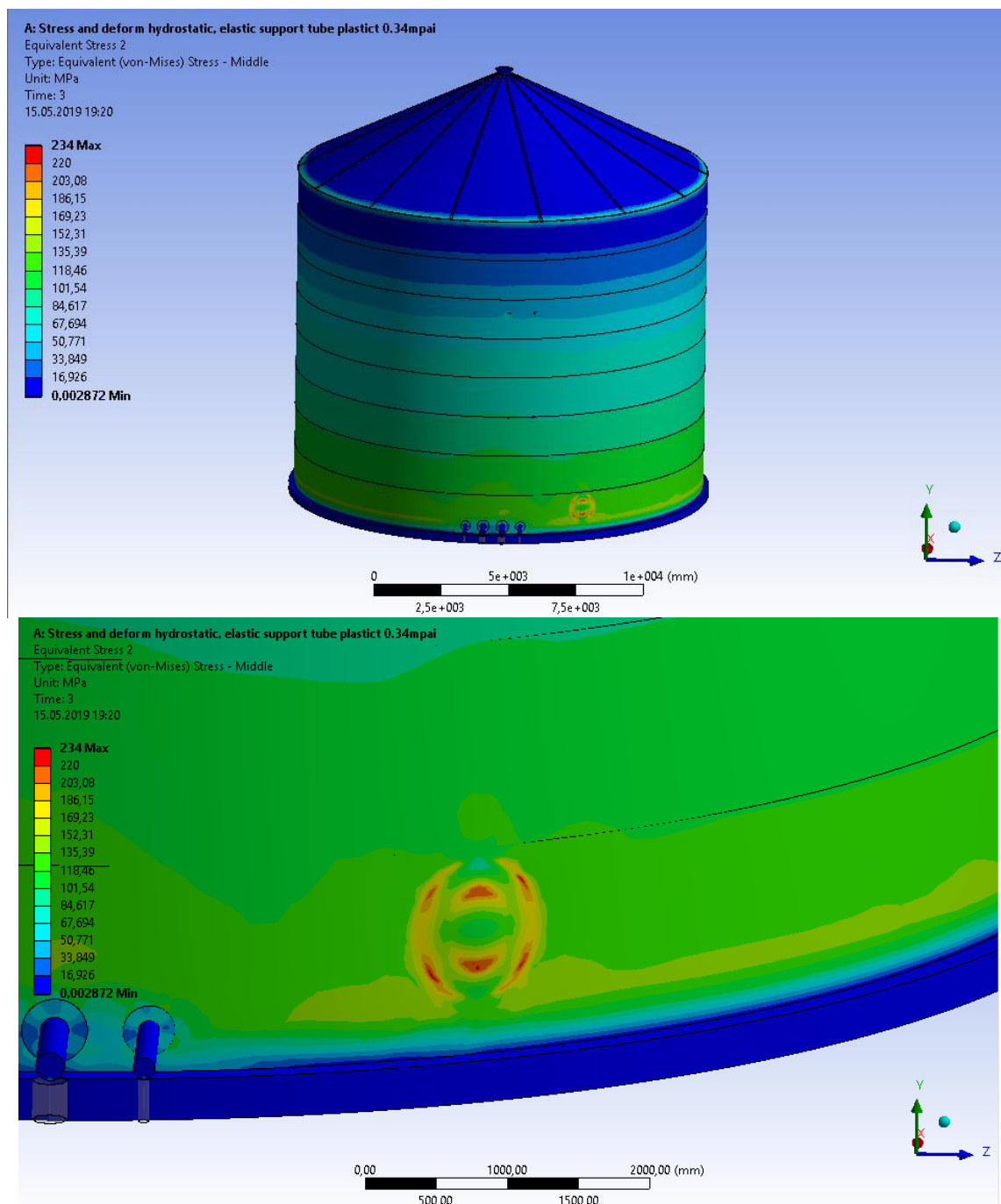


Рисунок 3.4.5 – Напряжения в дефекте на момент 3 шага решения

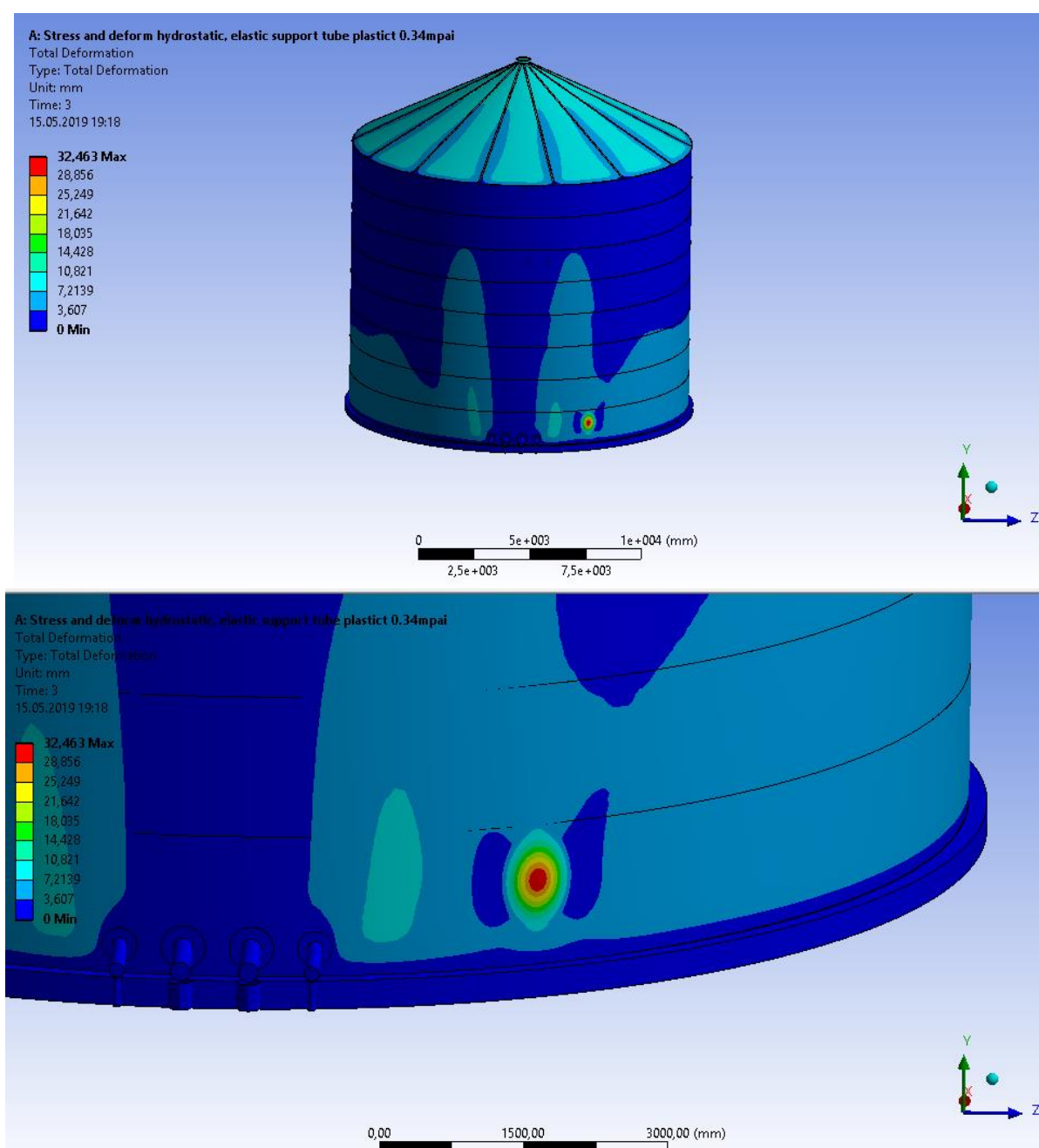


Рисунок 3.4.6 – Перемещения в дефекте на момент 3 шага решения

Из результатов видно, что максимальное напряжение составляет 233,8 МПа. Также видим из рисунка 3.4.6, что максимальное перемещение в дефекте составило 32,5 мм.

На рисунках 3.4.7-3.4.8 показаны результаты 2 задачи.

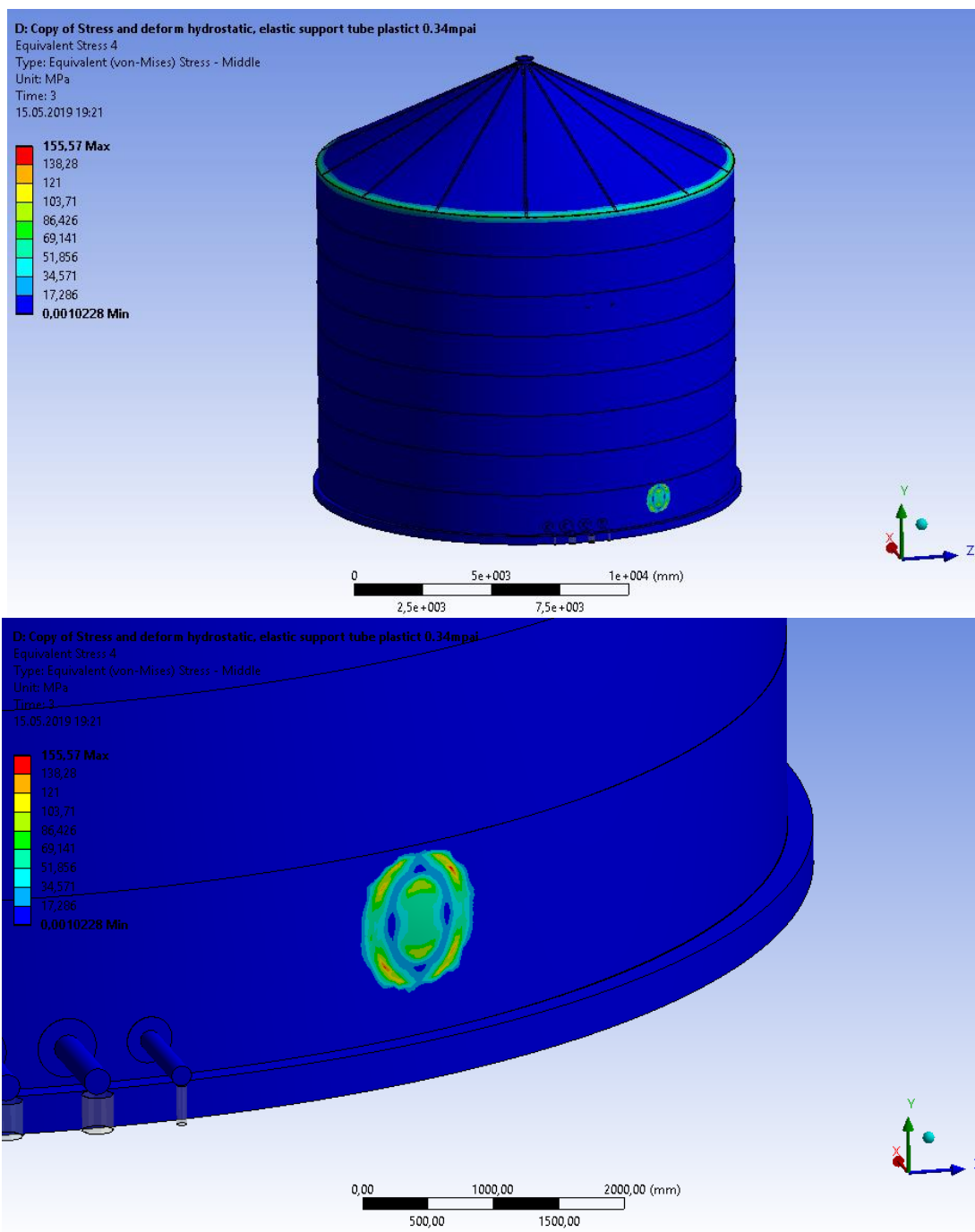


Рисунок 3.4.7 – Напряжения в дефекте

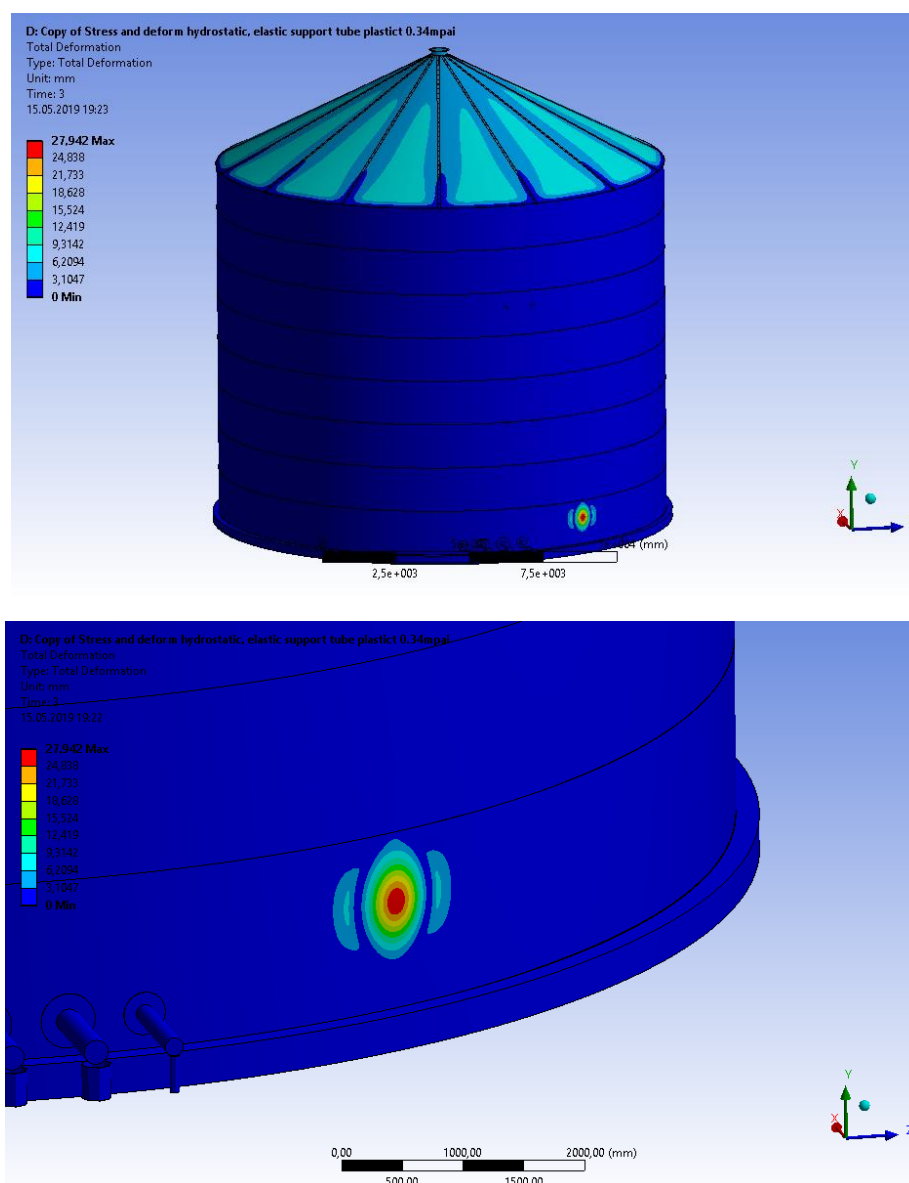


Рисунок 3.4.8 – Перемещения в дефекте

Из результатов видно, что максимальное напряжение составляет 155,6 МПа. Также видим из рисунка 3.4.8, что максимальное перемещение в дефекте составило 27,9 мм.

Для оценки результатов принимаем допускаемое напряжение $[\sigma] = 230$ МПа.

Максимальные напряжения при расчете на 3 шаге первой задачи находятся в дефекте и составляют $\sigma = 233,8$ МПа. $\sigma > [\sigma]$, следовательно условие прочности не выполняются.

					Исследование НДС резервуара при наличии дефекта в стенке	Лист 83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для Оценки другого дефекта проведем третью и четвертую задачу. Оставим все те же 2 задачи, только изменим давление в дефекте на первом шаге $P=0,31$ МПа.

3.5 Результаты расчета второго дефекта.

На рисунках 3.5.1-3.5.2 показаны результаты после первого шага нагружения.

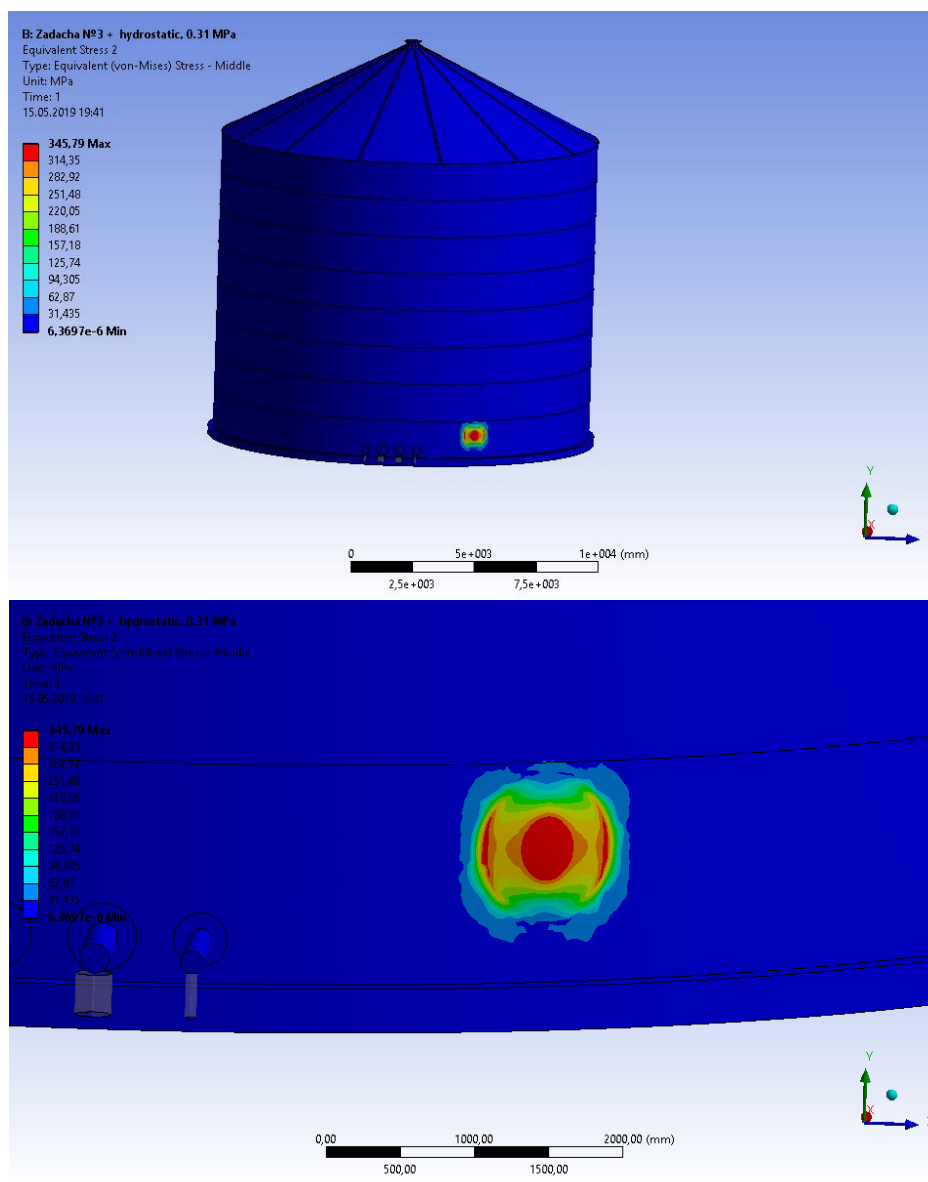


Рисунок 3.5.1 – Напряжения в дефекте на момент 1 шага решения

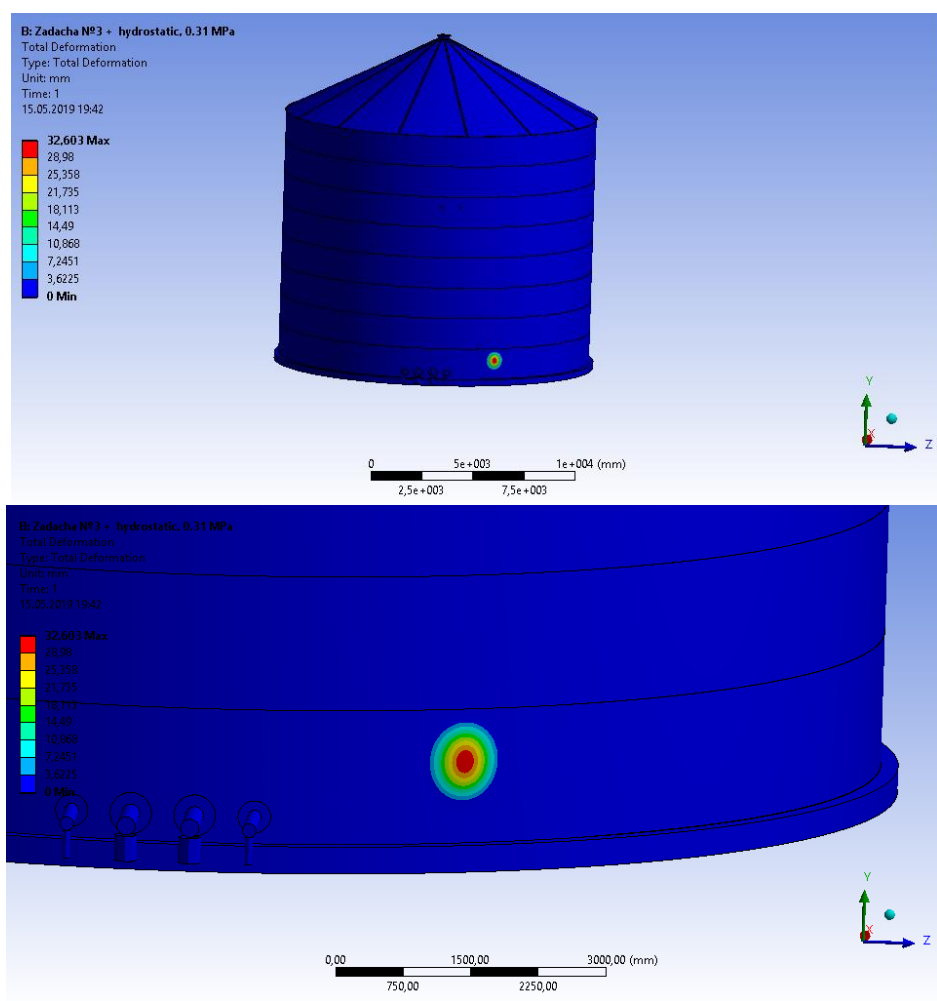


Рисунок 3.5.2 – Перемещения в дефекте на момент 1 шага решения

Из результатов видно, что максимальное напряжение составляет 345,8 МПа и превышает предел текучести. Также видим из рисунка 3.5.2, что максимальное перемещение в дефекте составило 32,6 мм.

На рисунках 3.5.3 -3.5.4 показаны результаты после 2 шага нагружения.

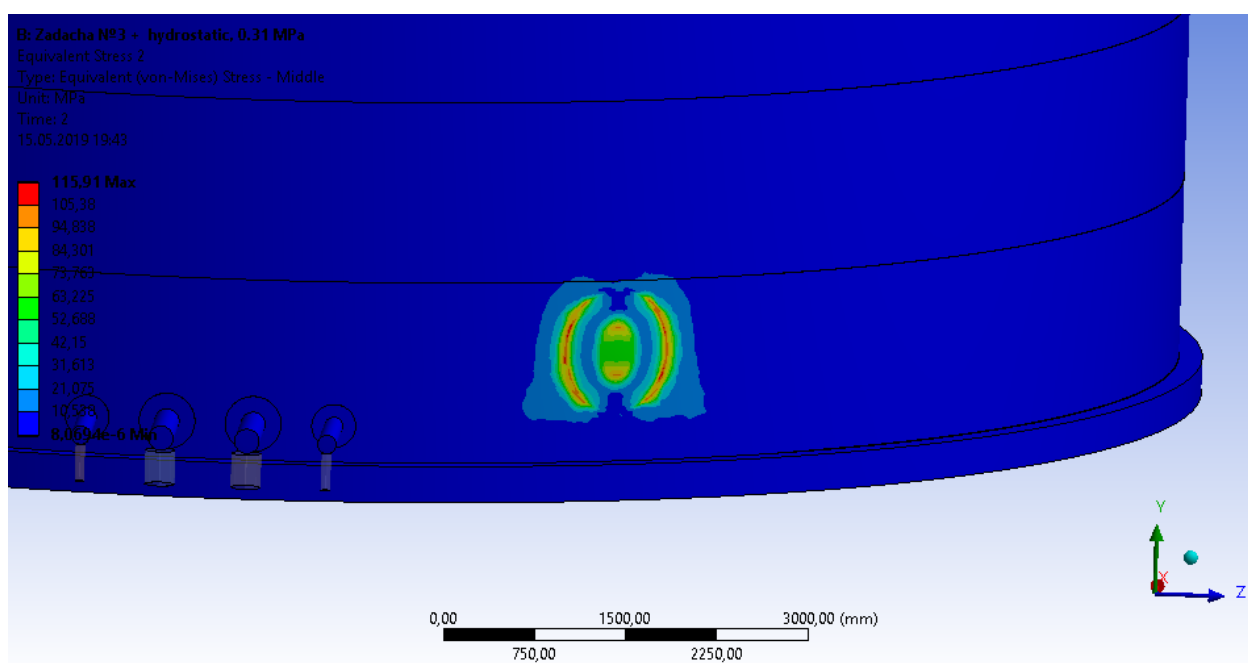
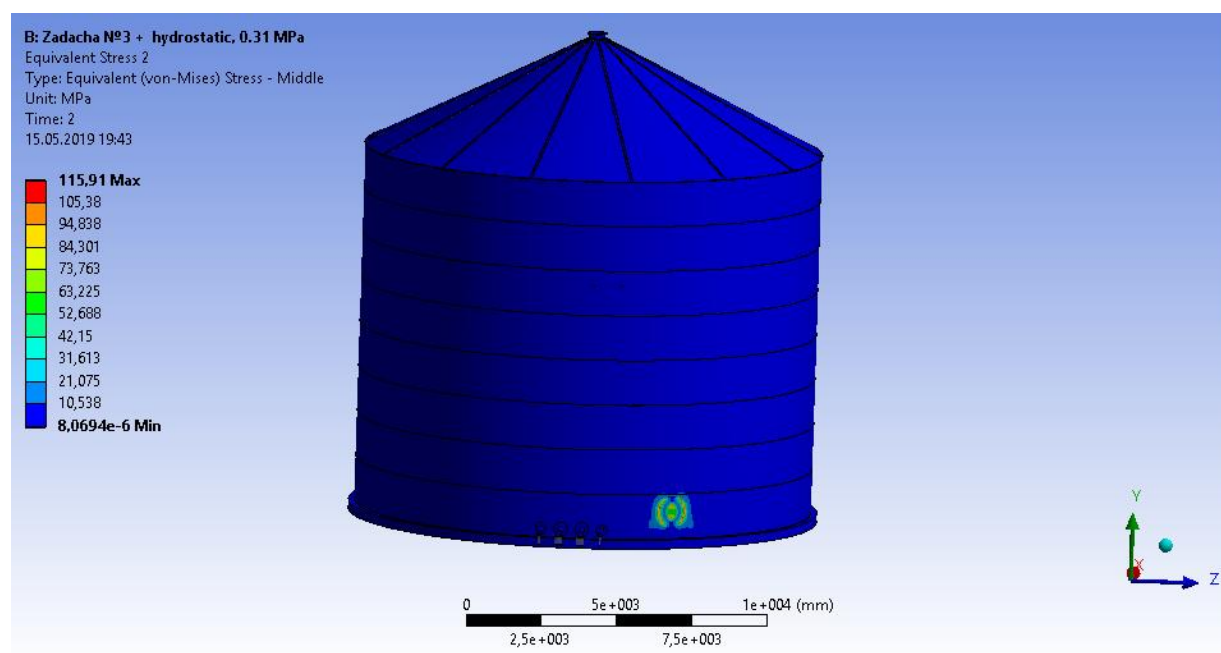


Рисунок 3.5.3 – Напряжения в дефекте на момент 2 шага решения

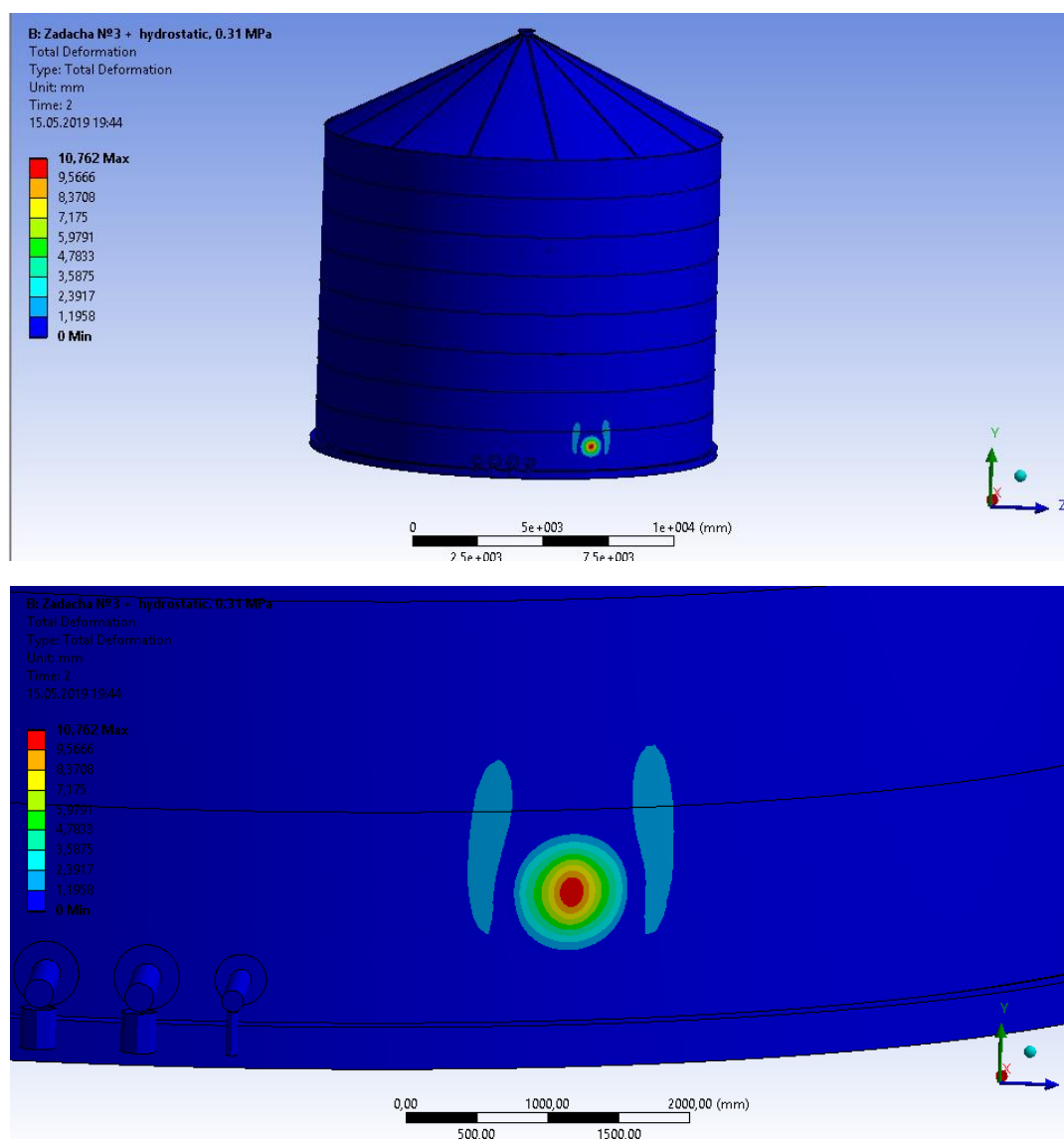


Рисунок 3.5.4 – Перемещения в дефекте на момент 2 шага решения

Из результатов видно, что максимальное напряжение составляет 115,9 МПа – это остаточные напряжения. Также видим из рисунка 3.5.4, что максимальное остаточное перемещение в дефекте составило 10,8 мм.

На рисунках 3.5.5-3.5.6 показаны результаты после 3 шага нагружения.

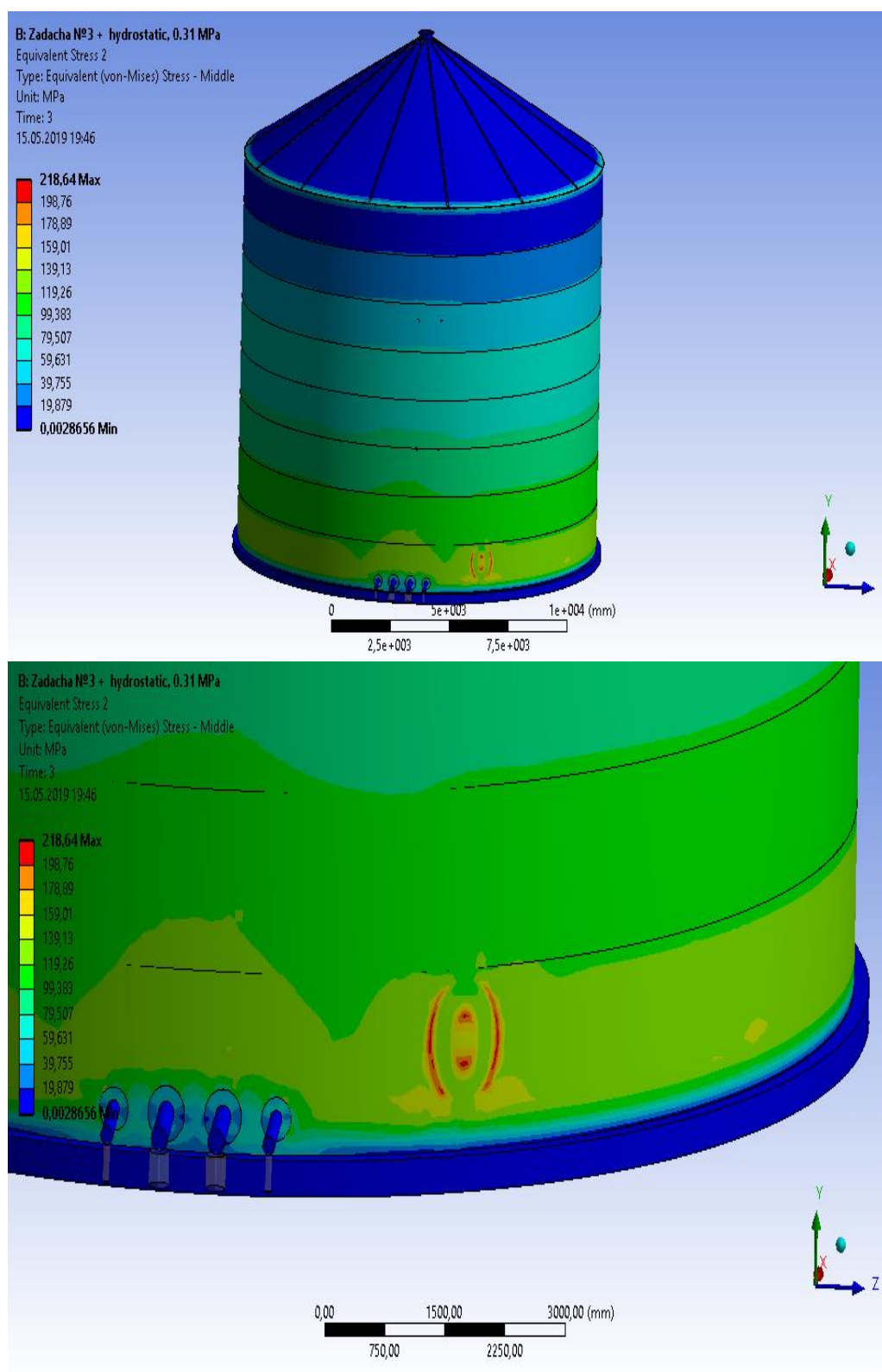


Рисунок 3.5.5 – Напряжения в дефекте на момент 3 шага решения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Исследование НДС резервуара при наличии
дефекта в стенке

Лист

88

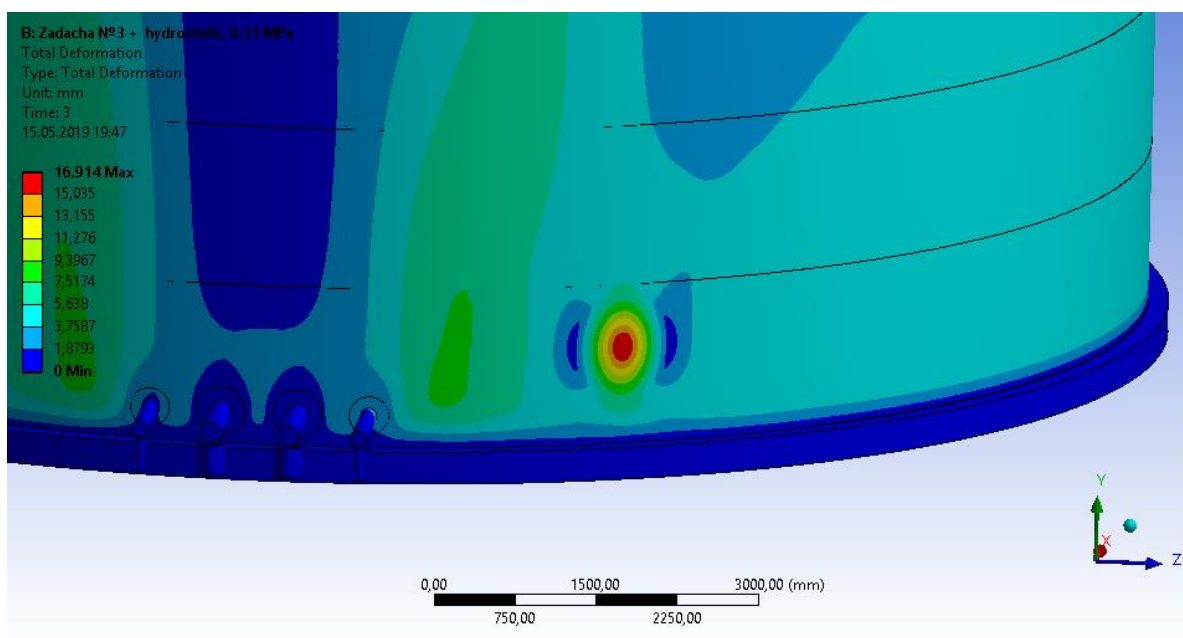
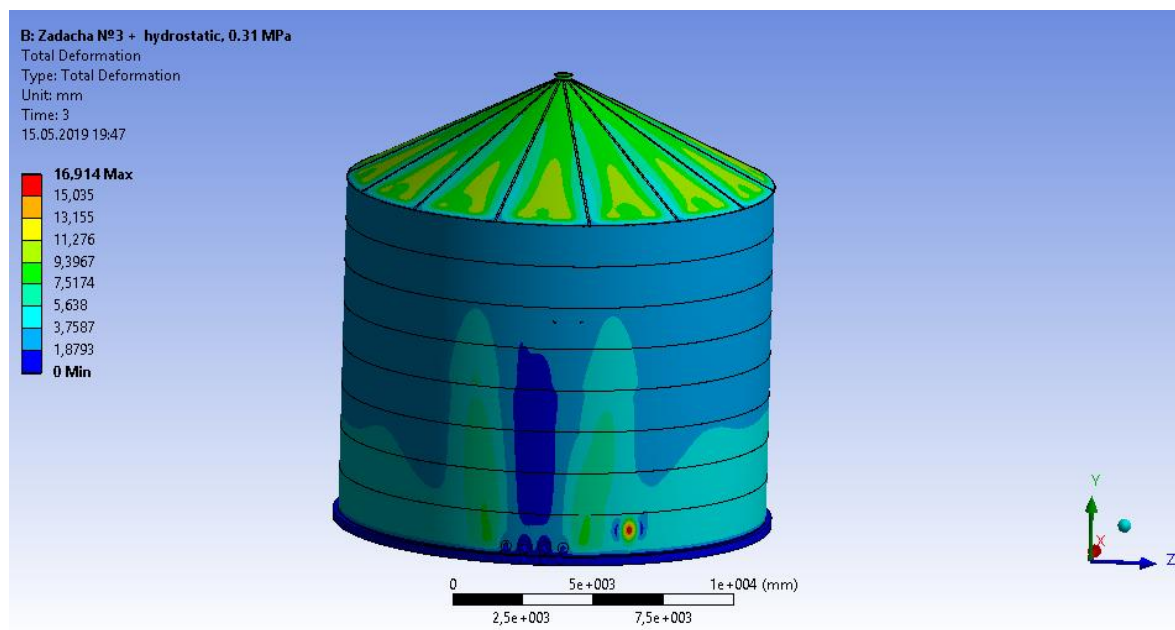


Рисунок 3.5.6 – Перемещения в дефекте на момент 3 шага решения

Из результатов видно, что максимальное напряжение составляет 218,6 МПа. Также видим из рисунка 3.5.6, что максимальное перемещение в дефекте составило 16,9 мм.

На рисунках 3.5.7- 3.5.8 показаны результаты 4 задачи.

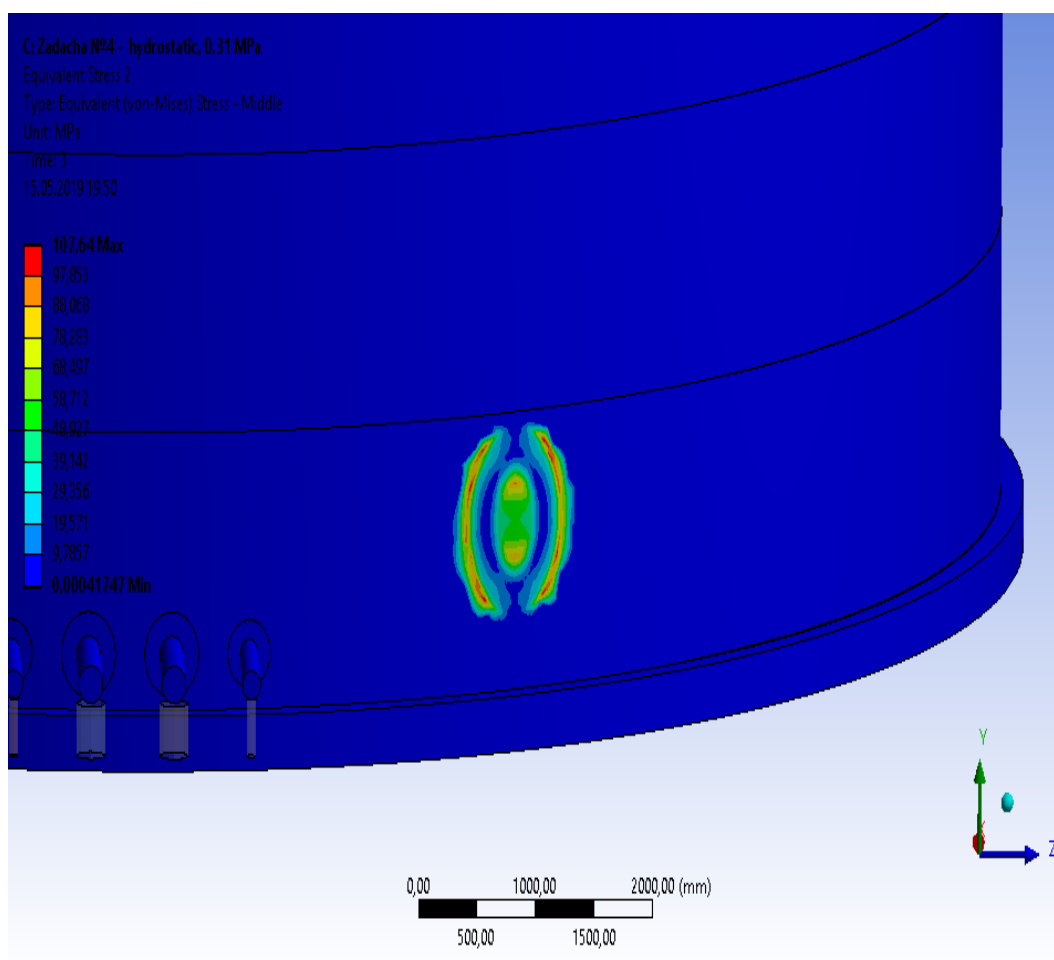
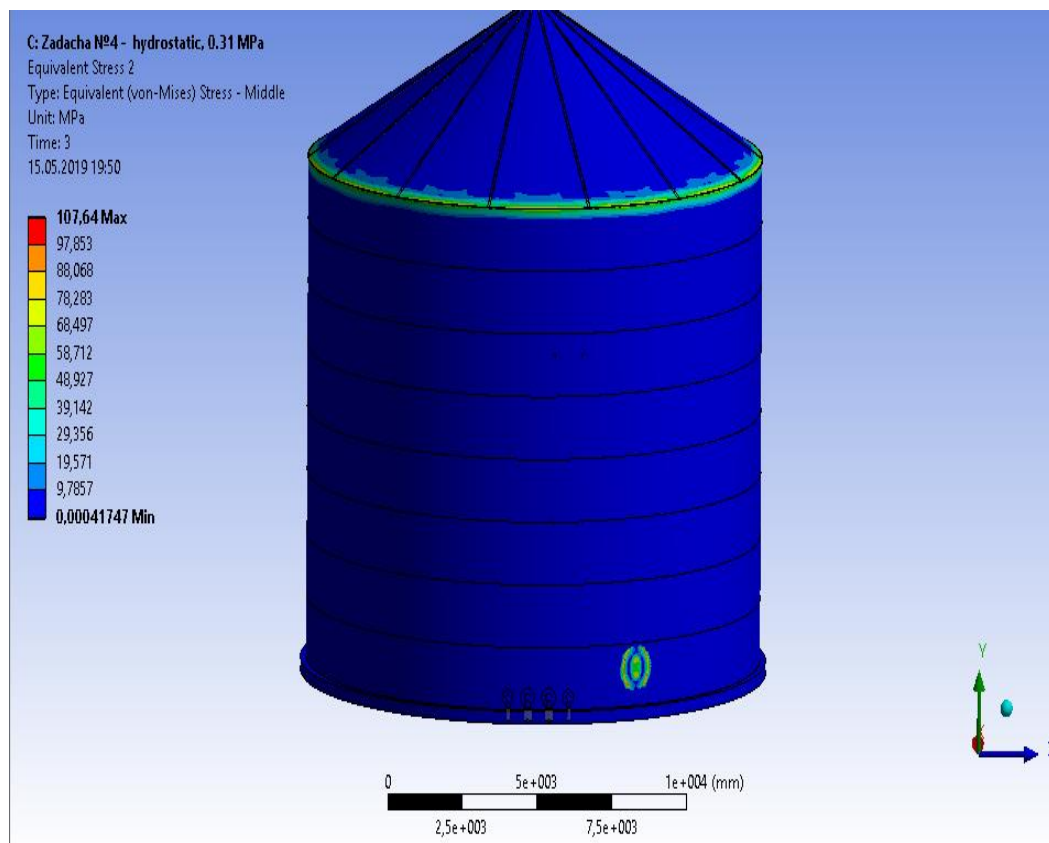


Рисунок 3.5.7 – Напряжения в дефекте

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Исследование НДС резервуара при наличии
дефекта в стенке

Лист
90

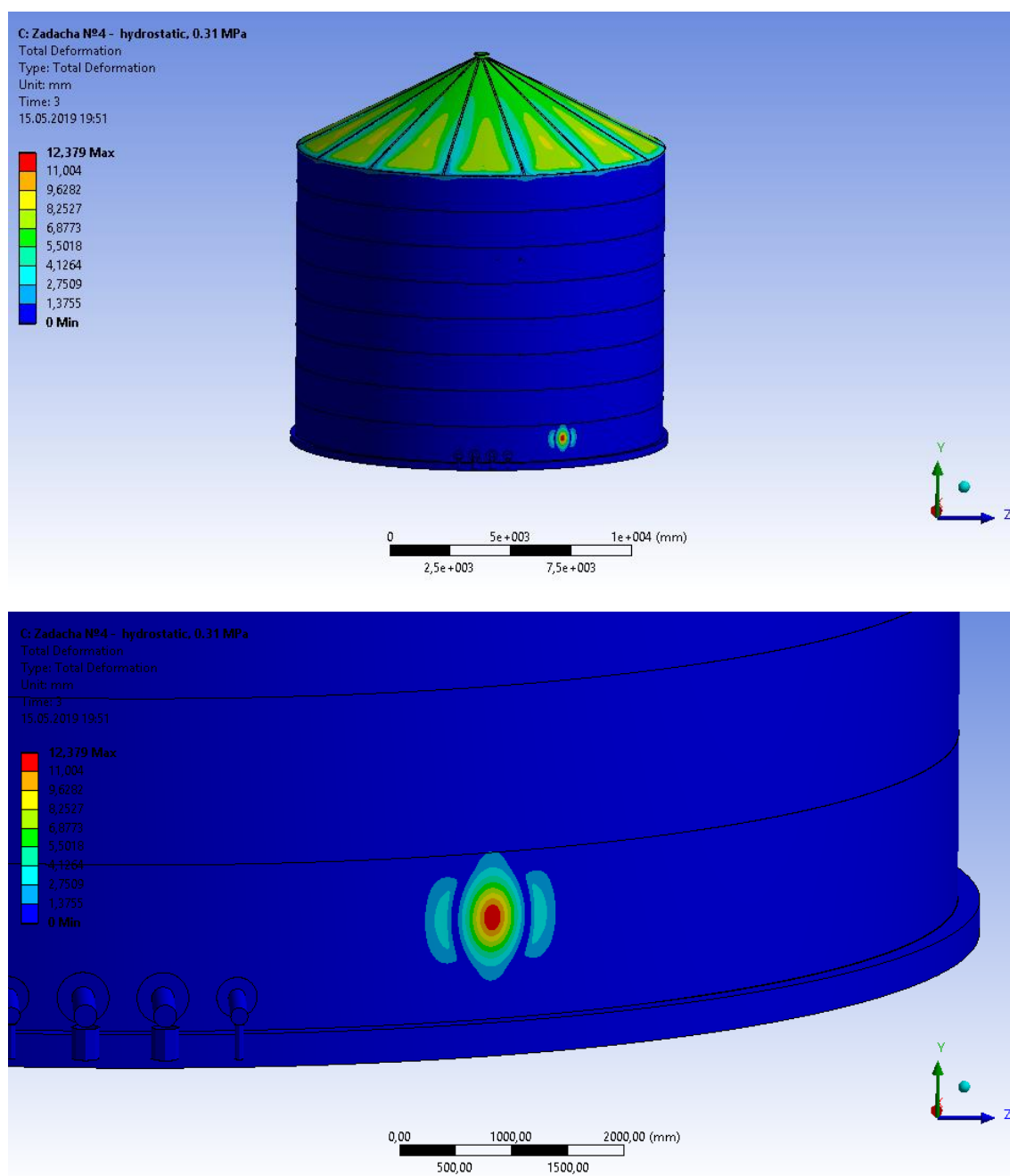


Рисунок 3.5.8 – Перемещения в дефекте

Из результатов видно, что максимальное напряжение составляет 107,6 МПа. Также видим из рисунка 3.5.8, что максимальное перемещение в дефекте составило 12,4 мм.

Для оценки результатов принимаем допускаемое напряжение $[\sigma] = 230$ МПа.

Максимальные напряжения при расчете на 3 шаге первой задачи находятся в дефекте и составляют $\sigma = 218,6$ МПа. $\sigma < [\sigma]$, следовательно условие прочности выполняются. Резервуар с таким дефектом допускается к эксплуатации.

3.6 Сравнение дефектов

Построим модель с основание которого лежит конический фундамент

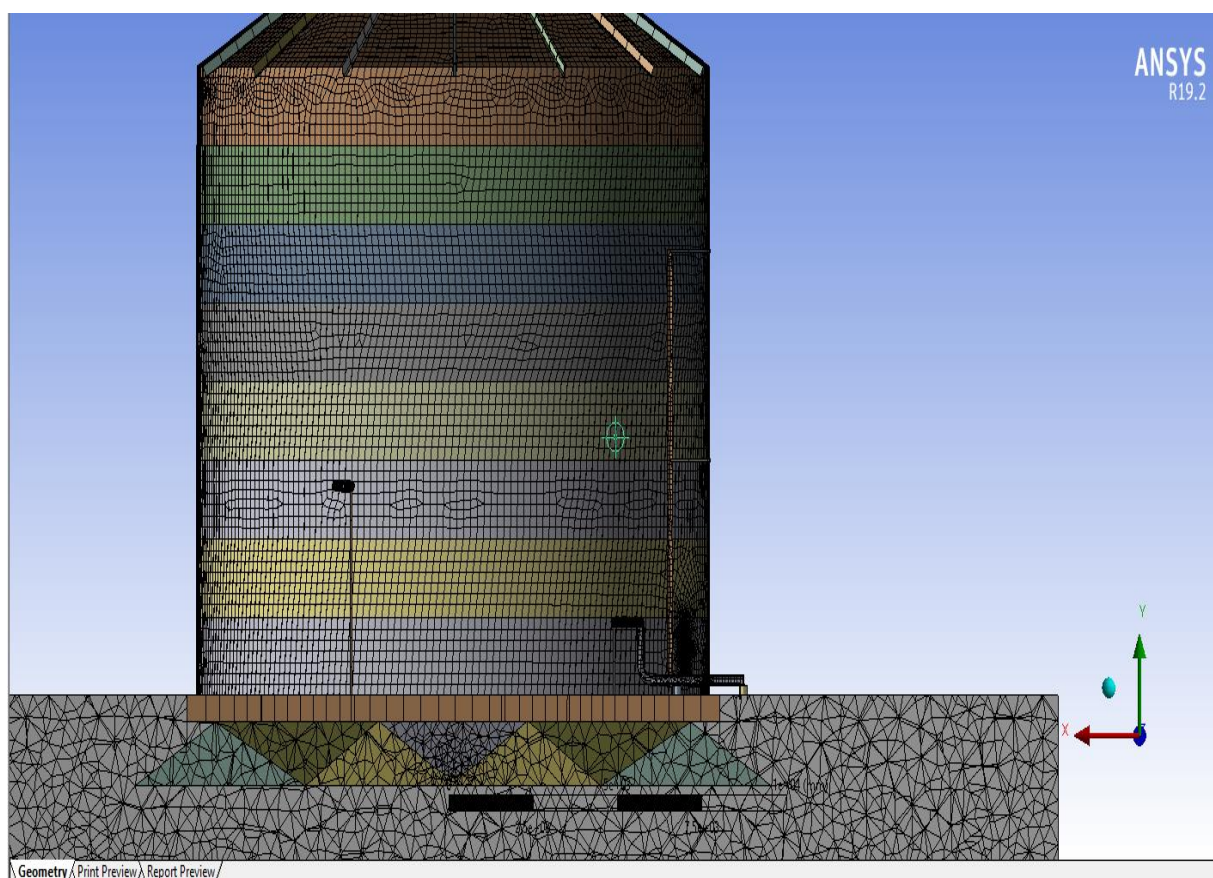


Рисунок 3.6.1- Геометрическая модель в разрезе

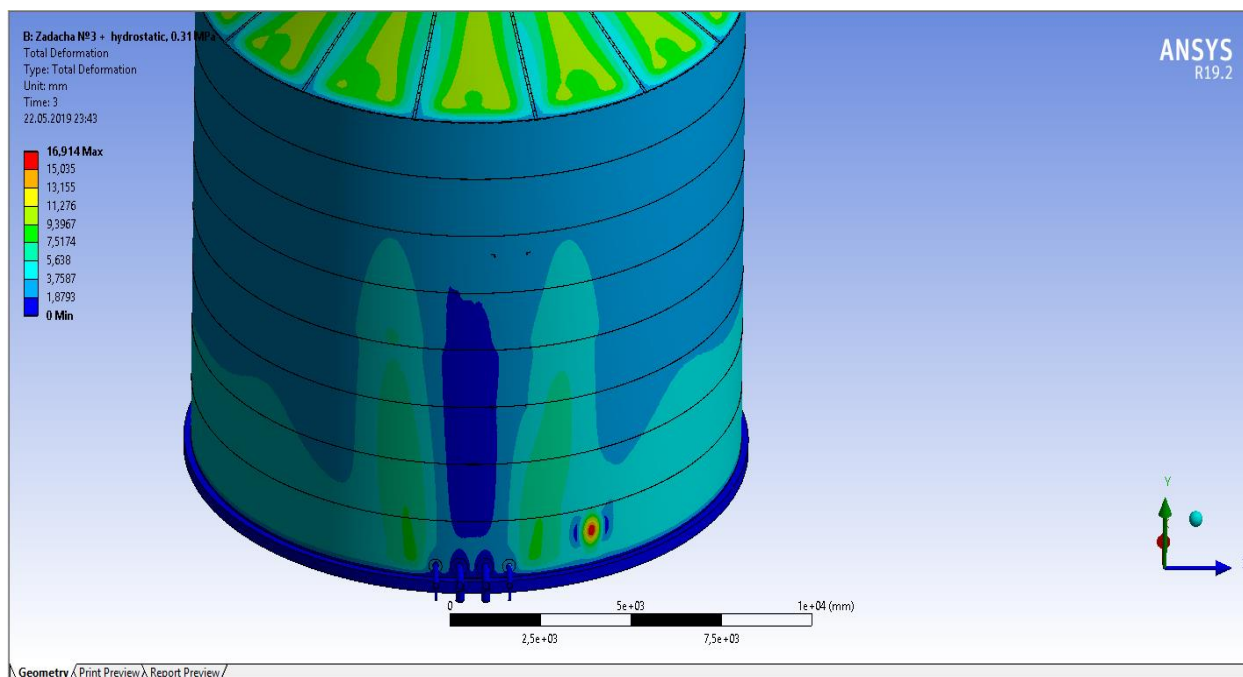


Рисунок 3.6.2 - Перемещение в дефекте без конического фундамента

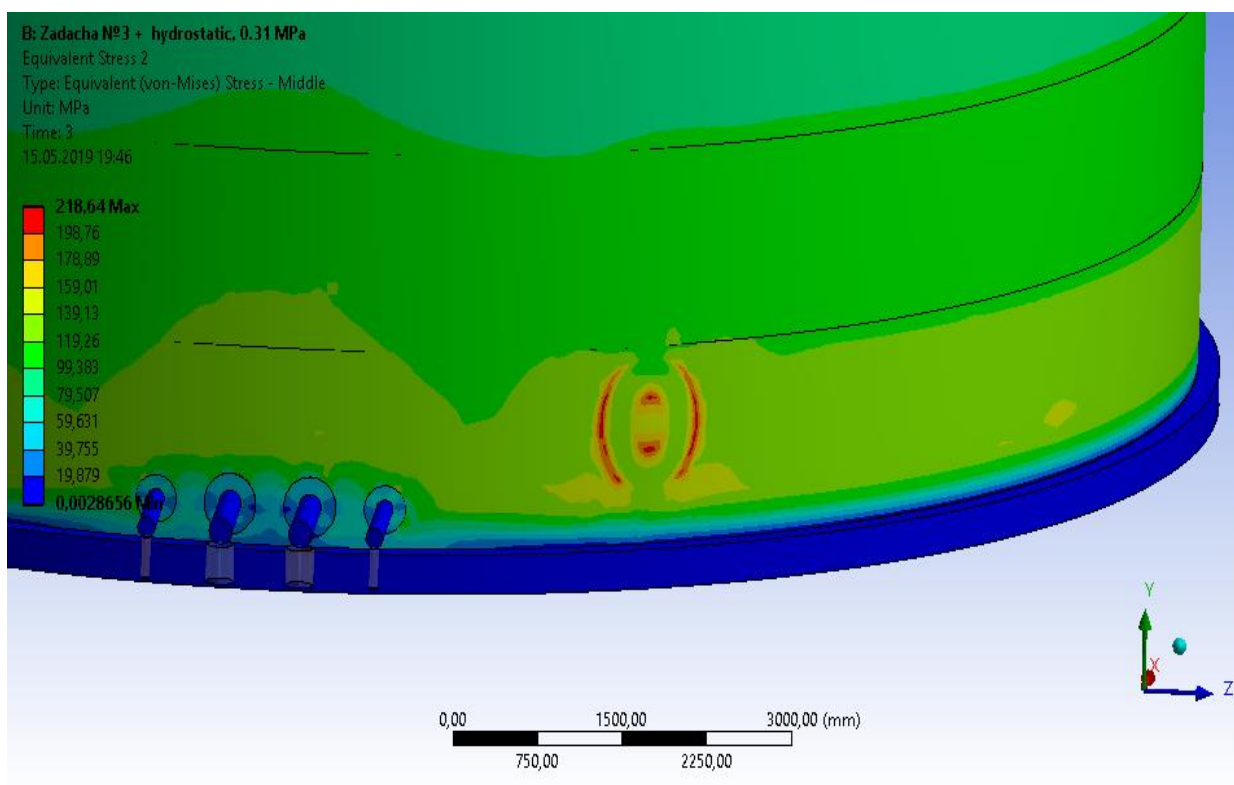


Рисунок 3.6.3 - Напряжение в дефекте без конического фундамента

Построим в геометрической модели тот же дефект что рассматривали ранее и разберем напряжения, полученные в нем.

					Исследование НДС резервуара при наличии дефекта в стенке	Лист 93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

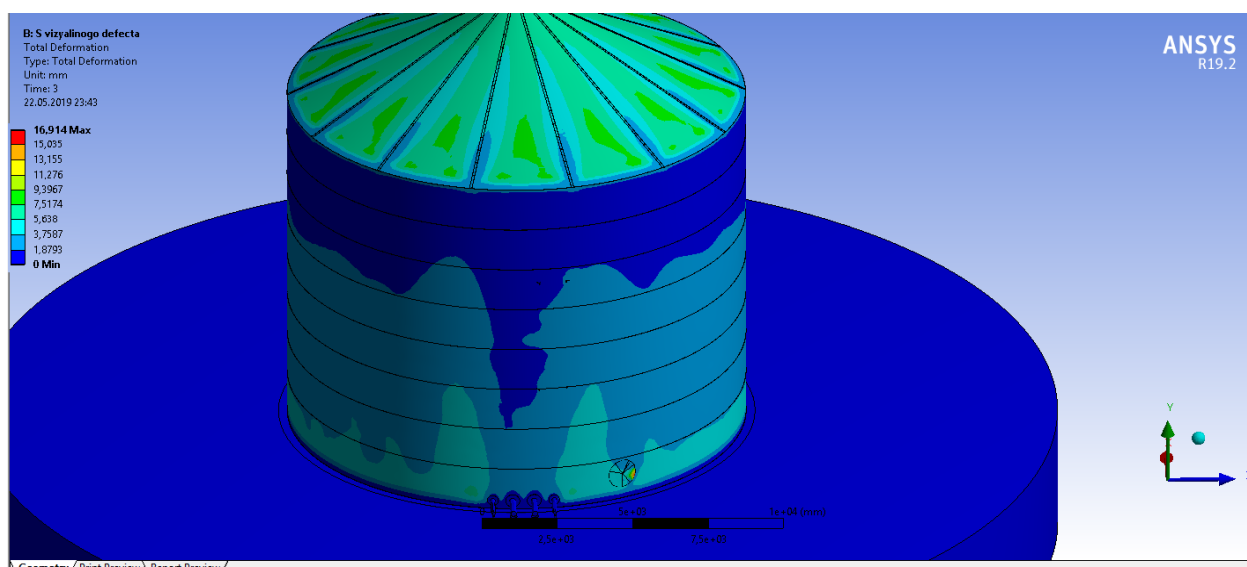


Рисунок 3.6.4 - Перемещения в дефекте с коническим фундаментом

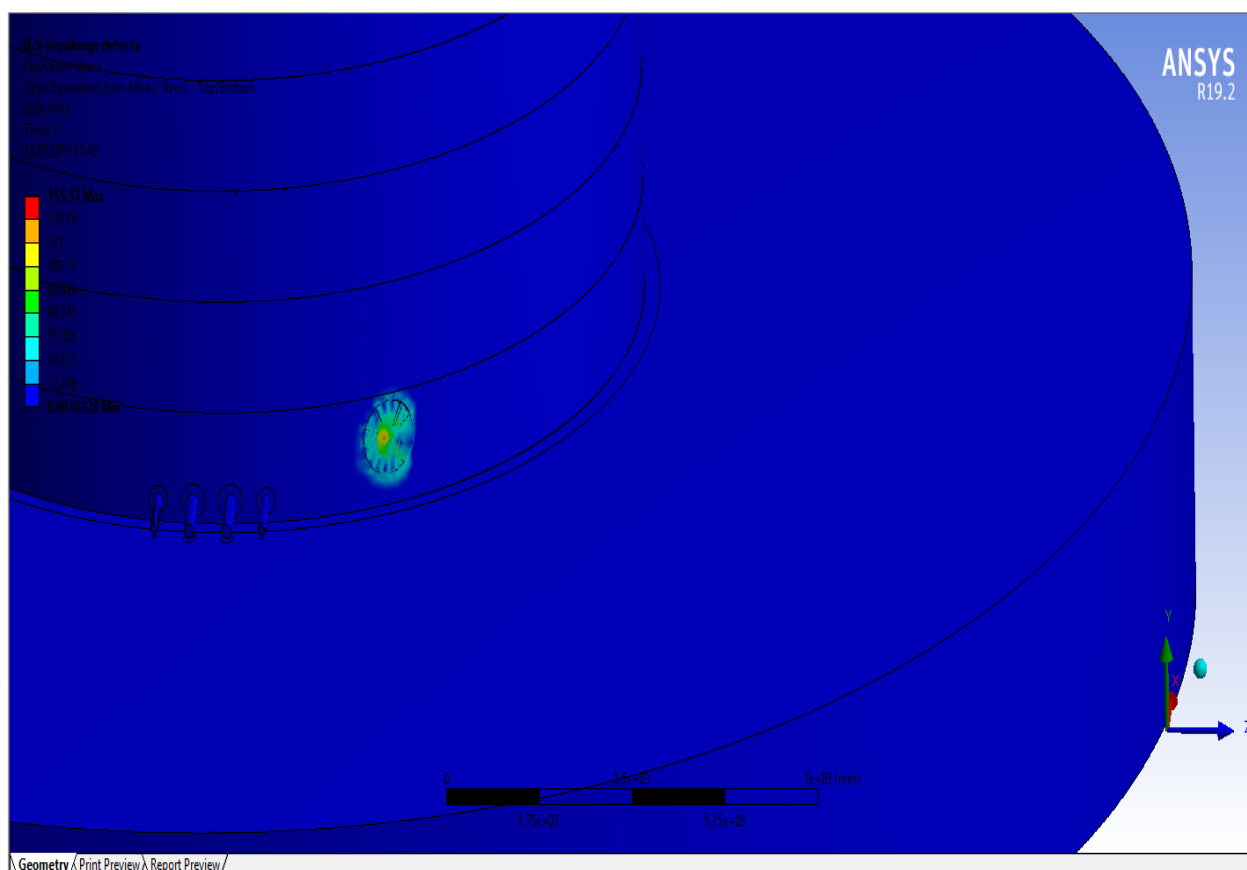


Рисунок 3.6.5 - Напряжение в дефекте с коническим фундаментом

Было проведено сравнение двух одинаковых дефектов (перемещение 16,914 мм) в первом случае расчет выполнялся без основания, на железно-бетонном кольце, напряжение в дефекте составило с 218, 64 МПа.

Во втором же сравнение выполнялось с основанием, в которое было внесено новое конструктивное решение такое как конический фундамент, напряжение в дефекте с таким основанием составило 155,57 Мпа.

Оба напряжения не превышают предел текучести стали 09Г2С у которой предельное значение составляет 230 Мпа, но как мы видим из эксперимента во втором случае напряжение меньше чем у первого на 28,8%, следовательно, можно сделать вывод что резервуар с коническим фундаментом в разы уменьшает напряжение не только на днище и в стенках, но и в самом дефекте, находящимся в стенке резервуара.

					Исследование НДС резервуара при наличии дефекта в стенке	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

Глава 4. Социальная ответственность

Исследование напряженно-деформированного состояния резервуара при различных нагрузках является очень важной задачей, поскольку этот процесс позволяет наглядно изучить проблему и сделать необходимые выводы о дальнейшей эксплуатации резервуара или выведению его из эксплуатации для ремонта.

Основная проблема при неравномерной осадке основания резервуара — это разгерметизация, которая приведет к катастрофическим последствиям (взрыв, пожар, розлив), дальнейшая эксплуатация такого объекта будет или невозможна, или стоить большого количества затрат на его восстановление.

					Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Ахметзянов Э.Р			Социальная ответственность			Лит.	Лист	Листов		
Руковод.		Шадрина А.В.								96	134	
Консульт.		Черемискина						ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72				
Проверила		Шадрина А.В.										

4.1 Производственная безопасность

Эксплуатация резервуара является работой повышенной опасности, при выполнении которой – могут возникнуть опасные и вредные производственные факторы, рассмотрим их в таблице 4.1.

Таблица 4.1– Формирующие вредные и опасные факторы при эксплуатации резервуара

Источник фактора, наименования работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Эксплуатация резервуара	1. Повышенная запылённость загазованность воздуха рабочей зоны	1. Оборудование, работающее под давлением 2. Пожарная и взрывная безопасность	ГН 2.2.5.3532-18 НП-044-18 СП155.13130.2014

4.1.1 Анализ вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению

Вредными производственными факторами называют такие факторы, которые отрицательно влияют на работоспособность или вызывают профессиональные заболевания и другие неблагоприятные последствия.

Повышенная запылённость и загазованность воздуха 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 паров нефти ПДК равно 10 мг/м³ [25].

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

воздействия запылённости и загазованности воздуха достигается за счёт регулярной вентиляции рабочей зоны. Работающие в условиях пылеобразования должны быть в противопульных респираторах («Лепесток», Ф-62Ш, У-2К, «Астра-2», РП- КМ), защитных очках и комбинезонах [25].

Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением

При несоблюдении правил безопасности в процессе эксплуатации резервуаров возникает повышенная опасность.

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.

Конструкция сосудов должна обеспечивать надежность и безопасность эксплуатации в течение расчетного срока службы и предусматривать возможность проведения технического освидетельствования, очистки, промывки, полного опорожнения, продувки, ремонта, эксплуатационного контроля металла и соединений. Сварные швы должны быть стыковыми и доступны для контроля при изготовлении, монтаже и эксплуатации.

Ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосудов должна быть возложена на специалиста, которому подчинен персонал, обслуживающий сосуды [31].

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 –

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98

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.

Методы устранения причин взрывов и пожаров в резервуарном парке.

Организационные меры:

выполнение требований проекта производственных работ и наряда-допуска;

обучение и разработку планов эвакуации людей в случае пожара;

Технические меры:

обеспечение места проведения огневых работ первичными средствами пожаротушения (огнетушитель ОП-50 – 2шт., асбестовое полотно 2х1,5 -2шт, ящик с песком – не менее 1,5м³, багор и т.д.);

– обеспечение на месте проведения огневых работ пожарного хода[30].

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

4.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований резервуара

Рассмотрим формирующие вредные и опасные факторы при исследовании напряженно-деформированного состояния резервуара за ПЭВМ, которые представлены в таблице 4.1.2.

Таблица 4.1.2 - Формирующие опасные и вредные факторы при исследовании напряженно-деформированного состояния резервуара

Наименования работ	Вредные факторы, при работе с ПЭВМ (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Исследование напряженно-деформированного состояния резервуара за ПЭВМ	1. Отклонение показателей микроклимата 2. Повышенный уровень шума и вибрации; 3. Недостаточная освещенность; 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений.	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 СН 2.2.4/2.1.8.562

Отклонение показателей микроклимата

Исследование напряженно-деформированного состояния будет проводиться в компьютерном классе 20 корпуса Томского политехнического университета. В компьютерных классах всех типов образовательных учреждений, где расположены ПЭВМ, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата (таблица 4.1.3).

Таблица 4.1.3 Оптимальные параметры микроклимата с использованием ПЭВМ

Температура, °С	Относительная влажность, %	Абсолютная влажность, г/мм ³	Скорость движения воздуха, м/с
19	62	10	<0,1
20	58	10	<0,1
21	55	10	<0,1

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ [28].

Повышенный уровень шума и вибрации

Уровни шума на рабочих местах пользователей персональных компьютеров 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».

Снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов 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 [23].

Недостаточная освещенность

Рабочие столы в компьютерном классе следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп [23].

					Социальная ответственность	Лист
						101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Повышенный уровень электромагнитных излучений

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ в помещениях образовательных учреждений, представлены в таблице 4.1.3.

Таблица 4.1.3. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочем месте

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15кВ/м

Фоновые уровни индукции магнитного поля не должны превышать значений, вызывающих нарушения требований к визуальным параметрам ВДТ (табл. 4.1.4) [25].

Таблица 4.1.4. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочем месте

№	Параметры	Допустимые значения
1	Яркость белого поля	Не менее 35 кд/м ²
2	Неравномерность яркости рабочего поля	Не более ± 20 %
3	Контрастность	Не менее 3:1
4	Временная нестабильность изображения (мелькание)	Не должна фиксироваться
5	Пространственная нестабильность изображения (дрожание)	Не более $2 \cdot 10^{-4}L$, где L – проектное расстояние наблюдения

4.1.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора), должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ. Поверхность сиденья должна быть полумягкой, с нескользящим, слабоэлектризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

Оптимальное время учебных занятий при работе с ВДТ или ПЭВМ для студентов старших курсов - 2 ч с обязательным соблюдением между двумя академическими часами занятий перерыва длительностью 15—20 мин, а также соблюдение профилактических мероприятий: упражнения для глаз, физкультминутка и физкультпауза.

4.2 Экологическая безопасность

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

Защита атмосферы

При хранении нефтепродуктов в резервуаре образовывается газозооушная смесь, которая через дыхательные клапаны выходит в атмосферу, это называется «большие дыхания» резервуара.

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

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 нормативов уровня выбросов в атмосферу оксидов азота и окиси углерода в составе выхлопных газов и регулировка двигателей [30].

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» [31].

Обвалование резервуаров (группы резервуаров) должна быть всегда в исправном состоянии. При нарушении обвалования и гидроизоляции они должны быть восстановлены, особенно на территории, где существует угроза затопления их паводковыми водами.

При попадании нефти в водоемы, необходимо ликвидировать ее дальнейшее распространение с помощью боновых заграждений и удалить нефтесборщиками. Собранную нефть размещают в специальных сборных

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

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 ограждениями, 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.

Нефть, разлившаяся на поверхности льда, должна быть собрана механическим или ручным способом и вывезена в котлованы или ближайшую НПС. Нефть, попавшая под лед, должна быть собрана нефтесборщиками и вывезена для дальнейшей утилизации.

Защита литосферы

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.

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

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, санитарно-гигиеническим 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 почвенно-растительного слоя. Земли, передаваемые во временное пользование, подлежат восстановлению (рекультивации). Земельные участки приводятся в пригодное для использования по назначению состояние в ходе работ, а при невозможности этого не позднее, чем в течение года после завершения работ.

Строительные работы в связи с требованиями лесного хозяйства обязаны:

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

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, опасного природного процесса, стихийного бедствия, которая приводит к

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

человеческим жертвам, наносит ущерб здоровью населения и природной среде, а также вызывает значительные материальные потери и нарушение условий жизни людей [1].

Чрезвычайные ситуации в резервуарном парке могут возникнуть по различным 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.).

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;

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

- в процессе работы следует периодически контролировать загазованность, а в случае необходимости обеспечить принудительную вентиляцию;
- для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности работники должен быть оснащен спецодеждой, спецобувью и другие средства индивидуальной защиты (очки, перчатки, каски), которые предусмотрены типовыми и отраслевыми нормами [48].

Порядок оповещения в ЧС:

Первичная информация о чрезвычайной ситуации поступает на пульт старшему сотруднику охраны [49].

Дежурный сотрудник с получением сообщения о чрезвычайной ситуации обязан:

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

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

- Организация оповещения об обстановке органов управления привлекаемых сил, рабочих и служащих объекта осуществляется по радиотрансляционной сети, поисковой, телефонной связи или посыльными;

Резервуары входят в состав опасных производственных объектов и подлежат регистрации в государственном реестре в соответствии с Федеральным законом РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [45].

4.3.1 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации ПЭВМ

При работе компьютерной техники выделяется много тепла, что может привести к пожароопасной ситуации. Источниками зажигания так же могут служить приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционеры воздуха. Серьёзную опасность представляют различные электроизоляционные материалы, используемые для защиты от механических воздействий отдельных радиодеталей.

В связи с этим, участки, на которых используется компьютерная техника, по пожарной опасности относятся к категории пожароопасных “В”.

При пожаре люди должны покинуть помещение в течение минимального времени.

Для тушения пожаров необходимо применять углекислотные и порошковые огнетушители, которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем. Воду разрешено применять только во вспомогательных помещениях. Исходя из норм пожарной безопасности, для машинного зала площадью до 100 м² (для нашего случая около 54 м²) требуются следующие первичные средства пожаротушения:

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

- один углекислотный огнетушитель типа ОУ-5 или ОУ-8, с помощью которого можно тушить загорания различных материалов и установок напряжением до 1000 В;
- один порошковый огнетушитель [34].

Помещение кабинета должно быть оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре.

Пожарные извещатели преобразуют неэлектрические физические величины (излучение тепловой или световой энергии, движение частиц дыма) в электрические, которые в виде сигнала определенной формы направляются по проводам на приемную станцию.

В качестве пожарных извещателей устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1. Исходя из высоты потолка (4 м) и площади помещения (30-40 м²) по нормам достаточно одного извещателя на весь офис. Эти устройства характеризуются высокой скоростью и надежностью срабатывания.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

4.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства при выполнении работ за ПЭВМ

Выполнение работы по исследованию напряженно-деформированного состояния резервуара будет выполняться в программном обеспечении ANSYS, для которого необходимо наличие персональной электро-вычислительной машины (ПЭВМ). Нормативное регулирование охраны труда при осуществлении трудовой деятельности за компьютерами осуществляется посредством следующих документов:

- Типовая инструкция ТОИ Р-45-084-01;
- СанПиН 2.2.2. / 2.4. 1340-03 (далее – СанПиН);
- ТК РФ;
- Приказ Минздравсоцразвития РФ № 302н;

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

- 426-ФЗ.

Эти нормативные документы регламентируют: расположение рабочих мест с компьютерами, правильное их использование, перерывы между работой, требования безопасности перед началом, вовремя и по завершению работ, а также требования безопасности в аварийных ситуациях.

4.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочие места должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Рабочая мебель для пользователей компьютерной техникой должна отвечать следующим требованиям:

- высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм или регулироваться в пределах 680-800 мм;
- рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, глубиной на уровне колен не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног не менее 650 мм;
- рабочий стул (кресло) должен быть подъемно - поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также - расстоянию спинки от переднего края сиденья.

Для нормализации аэроионного фактора помещений с компьютерами необходимо использовать устройства автоматического регулирования ионного режима воздушной среды (например, аэроионизатор стабилизирующий "Москва-СА1") [1].

Требования безопасности перед началом работы

Подготовить рабочее место. Отрегулировать освещение на рабочем месте, убедиться в отсутствии бликов на экране. Проверить правильность

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

подключения оборудования к электросети. Проверить исправность проводов питания и отсутствие оголенных участков проводов. Убедиться в наличии заземления системного блока, монитора и защитного экрана. Протереть антистатической салфеткой поверхность экрана монитора и защитного экрана. Проверить правильность установки стола, стула, подставки для ног, пюпитра, угла наклона экрана, положение клавиатуры, положение "мыши" на специальном коврик, при необходимости произвести регулировку рабочего стола и кресла, а также расположение элементов компьютера в соответствии с требованиями эргономики и в целях исключения неудобных поз и длительных напряжений тела.

Требования безопасности во время работы

При работе на ПК запрещается:

- прикасаться к задней панели системного блока (процессора) при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- допускать попадание влаги на поверхность системного блока (процессора), монитора, рабочую поверхность клавиатуры, дисководов, принтеров и других устройств;
- производить самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;
- работать на компьютере при снятых кожухах;
- отключать оборудование от электросети и выдергивать электровилку, держась за шнур.

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

Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1. Техничко-экономическое обоснование продолжительности работ

В данном разделе рассматриваются затраты на эксплуатацию установки по размыву донных отложений. Используются данные с эксплуатирующего предприятия (ОАО «Центрсибнефтепровод» РНУ Парабель).

Согласно регламенту в месяц проводится 5 циклов размыва донных отложений всего 24 часа в месяц.

Таблица 5.1.1– Порядок и периодичность технического обслуживания «Диоген»

Пункт РЭ	Вид ТО	Периодичность, лет/часов	Персонал
1	Оперативный Диагностический контроль	Через 2 часа при включенном «Диоген»	Оператор товарный Деж. электрик
		Один раз в смену при отключенном «Диоген»	Оператор товарный Деж. электрик
2	Техническое обслуживание	Один раз в три месяца	Ремонтная бригада СРиЭТО

Таблица 5.1.2 – Проверка работоспособности «Диоген - 700»

Наименование работы	Кто выполняет	Средства измерения, вспомогательные технические устройства и материалы	Контрольные значения параметров
Измерение уровня вибрации	Дежурный электрик	Переносной вибрметр СК-100	Не более 2,8 мм/сек
Контроль температуры корпуса электродвигателя	Дежурный электрик	Термометр контактный типа ТК-5М	Не более 90°С
Измерение тока нагрузки в силовой цепи	Дежурный электрик	Клещи токоизмерительные типа М 266 С	Не более 40 А

					Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.	Ахметзянов Э.Р				Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение			Лит.	Лист	Листов	
Руковод.	Шадрина А.В.									113	134
Консульт.	Романюк В.Б							ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72			
Проверила	Шадрина А.В.										

5.1.2 Расчет затрат времени и труда

Исходя из таблиц 5.1.1 и 5.1.2 общие трудозатраты будут следующие (в месяц):

- оператор товарный 1 человек – 6 часов;
- дежурный электрик 1 человек – 6 часов.

Для проведения технического обслуживания и текущего ремонта привлекается ремонтная бригада в количестве 2-х человек.

Исходя из таблицы 5.1.1 и регламента принимаем продолжительность ТО 1 час в месяц.

Исходя из таблицы 5.1.2 и регламента принимаем продолжительность текущего ремонта 1 раз в 3 года и среднего ремонта 1 раз в 5 лет.

Продолжительность текущего ремонта 4 часа, а среднего 8 часов.

Трудозатраты в месяц составят:

$$TZ = 4/36 + 8/60 = 0,25 \text{ часа}, \quad (15)$$

Текущий ремонт «Диоген-700» осуществляется без демонтажа их с РВС и при этом выполняются следующие работы:

- все операции ТО;
- замена уплотнительных графитовых и резиновых колец в торцевом уплотнении;
- замена приводного зубчатого ремня;
- ТР взрывозащищённого электродвигателя в соответствии с требованиями настоящей инструкции.

При среднем ремонте проводятся все операции текущего ремонта, а также: демонтаж, промывка и замена смазки, подшипников и уплотнительных резиновых в редукторе автоматического привода поворота; замена смазки, опорных подшипников и уплотнительных элементов приводного вала пропеллера и сферического уплотнения.

Капитальный ремонт «Диоген» производится на заводе - изготовителе. Демонтаж подлежащих капитальному ремонту «Диоген»

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		114

производится согласно плану производства работ, утвержденному главным инженером.

5.1.3 Расчет расходов на заработную плату

К расходам на оплату труда относятся:

- суммы, начисленные по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда;
- премии за производственные результаты, надбавки к тарифным ставкам и окладам за профессиональное мастерство;
- начисления стимулирующего или компенсирующего характера – надбавки за работу в ночное время, в многосменном режиме, совмещение профессий, работу в выходные и праздничные дни;
- надбавки по районным коэффициентам, за работу в районах крайнего Севера и др.;
- суммы платежей (взносов) работодателей по договорам обязательного и добровольного страхования.

Таблица 5.1.3.1 – норма оплаты труда в зависимости от разряда работника

Разряд	Ставка, руб/час
2	100
3	130
4	180
5	210
6	260
7	300
8	330

Фонд оплаты труда складывается из почасового оклада, районного коэффициента, премии и ЕСН (30 %).

Рабочие имеют 5 разряд, ИТР 8 разряд:

$$(2*6*210*1,7*1,6*1,5+2*0,25*210*1,7*1,6*1,5)+30\%=13923\text{руб./мес.} \quad (16)$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		115

1,7 – районный коэффициент;

1,5 – северный коэффициент;

1,6 – премия.

5.1.4 Расчет затрат на электроэнергию и материалы

К материальным расходам относятся затраты на приобретение:

- сырья, основных и вспомогательных материалов, используемых в производственном процессе;
- запасных частей, комплектующих изделий, тары и др.;
- топлива, воды и энергии всех видов, используемых на производственные нужды и отопление;
- работ и услуг производственного характера, выполняемых сторонними организациями или индивидуальными предпринимателями, а также собственными структурными подразделениями предприятия;
- на содержание и эксплуатацию природоохранных сооружений.

Потребность в электроэнергии составляют:

$$18,5 \cdot 24 = 444 \text{ кВт/час}, \quad (17)$$

где 18,5 – мощность установки, кВт;

24 – общая продолжительность цикла часов в месяц.

Затраты на электроэнергию:

$$444 \cdot 4,14 = 1838,16 \text{ руб./мес.}, \quad (18)$$

где 4,14 – стоимость кВт/час для предприятий нефтегазовой отрасли.

Таблица 5.1.4.1 – Расчет потребности в материалах в месяц

Наименование	Ед. изм.	Цена за ед., руб.	Кол-во	Стоимость, руб.
				ЗБМ
Уплотнительные кольца	шт	100	2	200
Ремень привода	шт	500	1	500
Смазка Литол-24	кг.	50	1	50
ВСЕГО:				750

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		116

Итого сумма затрат на электроэнергию и материалы:

$$1838,16 + 750 = 2588,16 \text{ руб.} \quad (19)$$

5.1.5 Расчет затрат на амортизацию

Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов, и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части.

Таблица 5.1.5.1 - Расчет затрат по статье "Амортизация"

Наименование	Балансовая стоимость тыс.руб.	Норма амортизационные отчисления, %	Сумма амортизации в год, тыс. руб.	Отраб. мес.	Амортизация, тыс. руб.
Диоген-700	225,5	8.3	18,7	1	1,383
Итого	225,5		18,7		1,383

Итого общие затраты на амортизацию составляют 1383 рубля.

5.1.6 Расчет всех затрат

Кроме перечисленных затрат в составе затрат на проведение организационно-технического мероприятия учитываются накладные расходы, связанные с организацией, управлением и обслуживанием производства.

На основании вышеперечисленных расчетов затрат определяется общая сумма затрат на размыв отложений.

Таблица 5.1.6.1 – Затраты на проведение организационно-технического мероприятия

№ п/п	Наименование статей	Стоимость, руб.
1	Материалы и электроэнергия	2588,16
2	Оплата труда с отчислениями	13923
3	Амортизация	1383
	Итого:	17894,16
4	Накладные расходы	4919,76
	Всего затрат:	22813,92

Был выполнен расчет затрат на размыв донных отложений, были подсчитаны расходы на материалы, оплату труда, амортизация.

Общий объем всех затрат составил 22813,92 рублей.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		117

5.1.7 Оценка экономической эффективности мероприятия

Экономический эффект от проведения конкретных мероприятий может быть определен в стоимостном выражении. Сравнив затраты на размыв донных отложений с помощью отечественного производителя Диоген-700 и зарубежного ВЛАВО, выяснили что с точки зрения экономической эффективности зарубежный комплекс уступает Российскому производителю.

Затраты, на размыв донных отложений представлены на рисунке 5.2.6.1

В нашем случае источник эффекта – экономия средств, выраженная как разница между затратами на размыв донных отложений.

По результатам проведенных расчетов затрат, (представленных на диаграмме) выяснилось, что основная доля затрат идет на оплату труда работников и накладные расходы, связанные с организацией, управлением и обслуживанием производства.

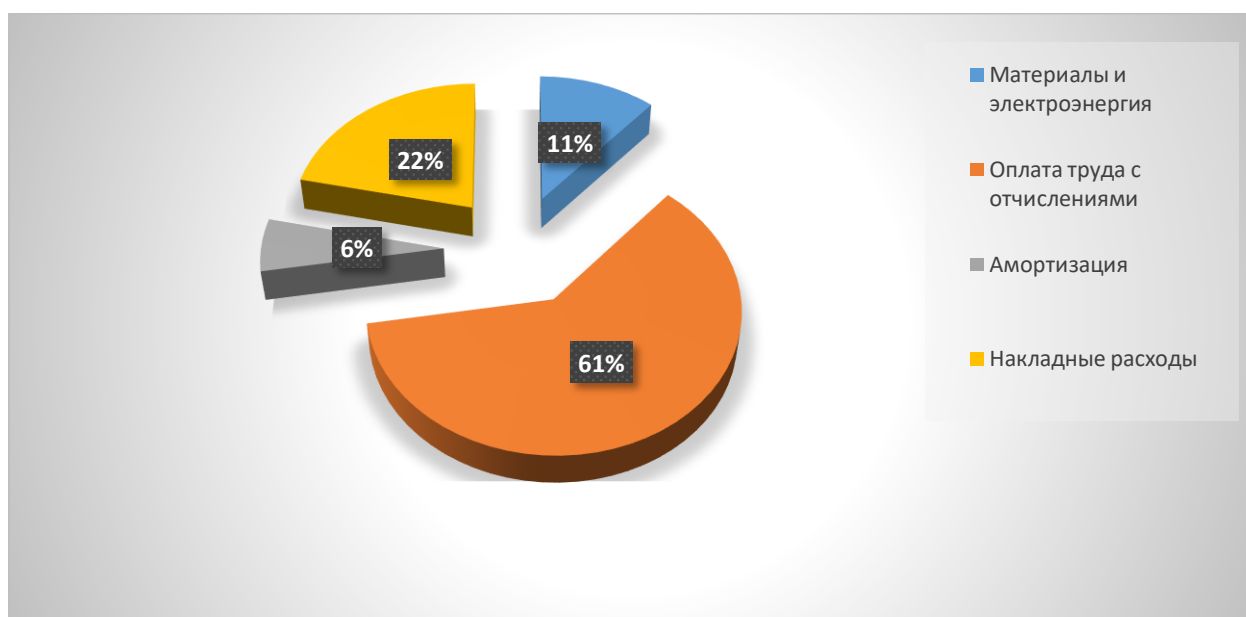


Рисунок 5.1.7.1 – Затраты на размыв донных отложений

Заключение

Рассмотрены методы по повышению надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений, были выявлены основные факторы по повышению надежности эксплуатации резервуаров.

Была построена геометрическая модель РВС 2000 м³ на основе сравнения аналитическим и численным методе в ANSYS удостоверились что модель была построена адекватно, рассчитали НДС резервуара со всеми приложенными нагрузками.

Смоделировали дефект в построенной геометрической модели на первом поясе резервуара, для определения допустимого и предельного перемещения, а также напряжений для РВС 2000 м³. Для оценки результатов принималось допускаемое напряжение стали 09Г2С по пределу текучести составляло $[\sigma] = 230$ МПа.

При перемещении в дефекте в 32мм, максимальное напряжения при расчете на 3 шаге первой задачи составляют $\sigma = 233,8$ МПа. $\sigma > [\sigma]$, следовательно условие прочности не выполняются.

При перемещении в дефекте в 17 мм, максимальные напряжения при расчете на 3 шаге второй задачи составляют $\sigma = 218,6$ МПа. $\sigma < [\sigma]$, следовательно условие прочности выполняются. Резервуар с таким дефектом допускается к эксплуатации. Далее для сравнения дефекта с основанием и без будем рассматривать дефект с максимальным перемещением в 17мм, так как для это перемещение не превышает предельное значение стали по пределу текучести.

					Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Ахметзянов Э.Р.			Заключение	Лит.	Лист
Руковод.		Шадрина А.В.					Листов
Консульт.							119
Проверила		Шадрина А.В.					134
						ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72	

Было проведено сравнение двух одинаковых дефектов (перемещение 17 мм) в первом случае расчет выполнялся без основания, на железно-бетонном кольце, напряжение в дефекте составило с 218, 64 Мпа.

Во втором же сравнение выполнялось с основанием, в которое было внесено новое конструктивное решение такое как конический фундамент, напряжение в дефекте с таким основанием составило 155,57 Мпа.

Оба напряжения не превышают предел текучести стали 09Г2С у которой предельное значение составляет 230 Мпа, но как мы видим из эксперимента во втором случае напряжение меньше чем у первого на 28,8%, следовательно, можно сделать вывод что резервуар с коническим фундаментом в разы уменьшает напряжение не только на днище и в стенках, но и в самом дефекте, находящимся в стенке резервуара.

					Заключение	Лист
						120
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список используемых источников

1. 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.
2. Андреев Я.М. Большаков А.М. Способ низкотемпературного локального нагружения объекта при акустико-эмиссионном методе неразрушающего контроля, Изобретение №2614190, март 23, 2017.
3. ГОСТ Р 56542-2015. Контроль неразрушающий, классификация видов и методов. – М: Сандартинформ, 2015. – 5 с.
4. Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением. – ФНП в ОПО. – М. – 2015. – 254 с.
5. Гайсин Э.Ш. Гайсин М.Ш. Современное состояние проблем обеспечения надежности резервуаров для нефти и нефтепродуктов. – 2016. – 40 с.
6. Волков В.Н. Попова Н.В. Бурмистрова О.Н. оценка работоспособности резервуаров для хранения нефтепродуктов в условиях республики Коми // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – 5с.
7. Чепур П.В. Напряженно-деформированное состояние резервуара при развитии неравномерных осадок его основания: дисс. канд. техн. наук: 25.00.19 / Чепур Петр Владимирович. – Москва, 2015. – 181 с.
8. Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрение новых конструктивных решений в основания фундаментов [Электронный ресурс.] Режим доступа http://ngdelo.ru/files/old_ngdelo/2007/1/126-132.pdf \ (дата обращения: 29.12.2018)

					<i>Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Список используемых источников		
Разраб.		Ахметзянов Э.Р.					
Руковод.		Шадрина А.В.					
Консульт.							
Проверила		Шадрина А.В.					
					Лит. Лист Листов		
					121 134		
					ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72		

9. Барская Г. Б. Анализ причин неравномерных осадков резервуаров в Западной Сибири//Нефть и газ — 2004. -№3. — с. 36-38.
10. Галеев В. Б. Закиров О.А. Фролов Ю. А. и др. Аварии резервуаров и способы их предупреждения / Под ред. Галеева В. Б., Шарафеева Р. Г. — Уфа: ГУП Уфимский полиграфкомбинат, 2004. – 164 с.
11. Гумеров А.Г. Правила технической эксплуатации резервуаров нефтепроводов ОАО КазТрансОйл. / А.Г. Гумеров, М.Х. Султанов, Г.М. Гималетдинов и др.// - Уфа: ГУП ИПТЭР, 2000. —129 с.
12. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. – М: Стандартинформ, 2009. – 10 с.
13. СА 03-008-08. Резервуары вертикальные стальные сварные для нефти и нефтепродуктов Техническое диагностирование и анализ безопасности (методические указания). – М: Российская ассоциация экспертных организаций техногенных объектов повышенной опасности Ростехэкспертиза, Научно-Промышленный союз РИСКОМ, НПК Изотермик, 2008. – 288 с.
14. ГОСТ 31385-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия. – М: Стандартинформ, 2010. – 56 с.
15. ГОСТ Р Березин Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые. – М.: ФГУП Стандартинформ, 2014. – 24 с.
16. СП 73.13330.2012 Внутренние санитарно-технические системы зданий. Актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85, 2013. – 55с.
17. ГОСТ Р ИСО 24497-2-2009 Контроль неразрушающий. Метод магнитной памяти металла. Часть 2. Общие требования. – М: Стандартинформ, 2010. – 5 с.
18. Куприянов В. М, Фролов Ю А Классификация оснований и фундаментов под резервуары типа РВС Проблемы строительного комплекса России материалы IX Междунар. науч. – техн. Конф. в

					Список используемых источников	Лист
						122
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- рамках специализированной выставки Строительство Коммунальное хозяйство Камнеобработка -2005 - Уфа Изд-во УГНТУ, 2005 - С 79-80.
19. Куприянов В. М. Проблема совершенствования конструкций оснований и фундаментов резервуаров типа РВС Инжиниринг, инновации, инвестиции сб. науч. Тр. - Челябинск, 2005 –Выпб. -С 177-182.
 20. Куприянов В. М. Современное состояние вопроса проектирования и строительства оснований резервуаров на слабонесущих грунтах Трубопроводный транспорт - 2006 тез докл. Междунар. учеб. науч. – практ. конф.-Уфа Изд-во УГНТУ,2006 -С 109-110.
 - 21.ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения;
 - 22.ТОИ Р-112-16-95 Типовая инструкция по охране труда при зачистке резервуаров на предприятиях нефтепродуктообеспечения;
 - 23.ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
 - 24.ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
 - 25.ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация;
 - 26.ГОСТ 12.1.003–2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
 - 27.ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
 - 28.ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования»;
 - 29.ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности;
 - 30.ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования;
 - 31.ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования;

					Список используемых источников	Лист
						123
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 32.ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление;
- 33.ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;
- 34.ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности;
- 35.ГОСТ 17.1.3.06–82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод;
- 36.ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения;
- 37.ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения;
- 38.ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров;
- 39.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий;
- 40.СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
- 41.СНиП 2.04.05-86 Отопление, вентиляция и кондиционирование;
- 42.СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение;
- 43.Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- 44.ГОСТ 12.1.012-2004.Вибрационная безопасность;
- 45.ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- 46.РД 09-364-00. Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных взрывопожароопасных объектах;

					Список используемых источников	Лист
						124
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 47.ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений;
- 48.ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации;
- 49.ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
- 50.НВН 33.5.1.02. Инструкция о порядке согласования и выдачи разрешений на спец. водопользование;
- 51.Тарасенко А.А. Разработка научных основ методов ремонта вертикальных стальных резервуаров: дис. докт. техн. наук. – Тюмень, 1999. – 299 с. 63.
- 52.Тарасенко А.А. Решение контактной задачи об упругом взаимодействии подъемного устройства и стенки резервуара // Известия вузов "Нефть и газ". Тюмень, 1998. №6. С. 59-64.
- 53.Clarke J. S. Recent Tank Bottom and Foundation Problems. Proceedings of American Petroleum Institute. 36th. Midyear Meeting, Division of Refuting, May 1971, p. 1.
- 54.Sullivan R. A., Nowicki J. F. Differential Settlement of Cylindrical Oil Tanks. Proceedings of Conference on Settlement of Structures, Cambridge University, John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y., Apr., 1974, pp. 420- 424.
- 55.Кондрашева О.Г. Причинно-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров / Кондрашева О.Г., Назарова М.Н. // Нефтегазовое дело. – №2, 2004. – С. 36-43.
- 56.Березин В.Л. Вопросы эксплуатационной надежности резервуаров на нефтеперерабатывающих заводах / Березин В.Л., Мацкин А.А., Гумеров А.Г., Ясин Э.М. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1971. – 67 с.

					Список используемых источников	Лист
						125
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А
(справочное)

**Improving the reliability of operation of tanks through the introduction of
new design solutions**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ72	Ахметзянов Э.Р.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОНД	Шадрина А.В.	д.т.н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Новикова В.С.			

					<i>Повышение надежности эксплуатации резервуаров путем внедрения новых конструктивных решений</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Ахметзянов Э.Р.			Приложение А			
<i>Руковод.</i>		Шадрина А.В.						
<i>Консульт.</i>								
<i>Проверила</i>		Шадрина А.В.						
						<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
							126	134
						ТПУ, ИШПР Группа 2БМ72		

The reliability of the tank

Reliability is the property of the object to keep in time within the established limits the values of all parameters characterizing the ability to perform the required functions in the specified modes and conditions of use, maintenance, storage and transportation.

Reliability and durability of tanks are determined, first of all, by the property of its design to perform the functions of reception, storage and selection of oil and petroleum products from it at the specified technical parameters. Assessment of the reliability level of the tank and its elements is carried out according to the established design parameters, which are determined by the technical documentation with the limits. Certain criteria characterizing the operational reliability of tanks are:

- working capacity of the tank – a condition in which the tank is able to perform its functions without deviations from the parameters established by the requirements of technical documentation. To maintain the efficiency of the tank, it is necessary to perform current and capital repairs, as well as to carry out prevention and early diagnosis of defects within the established time limits;

- reliability of the tank – the property of the tank and its elements to maintain efficiency without forced interruptions. The probability of failure is a quantitative indicator of reliability (criterion of strength, stability and endurance);

- durability of the tank and its elements – the property of the structure to maintain performance to the limit state with the necessary interruptions for maintenance and repairs. An indicator of durability can be a resource or service life;

- maintainability of tank elements is the adaptation of the elements to the prevention and detection of malfunction, as well as their repair during the maintenance period before failure. The cost of labor, time and money for repairs determine maintainability.

					Приложение А	Лист
						127
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

During operation, the reliability of the tank is influenced by various factors [5]:

- internal stresses in structures that do not correspond to design values;
- external influence;
- maintenance system;
- qualification of maintenance and repair personnel.

Special attention should be paid to defects arising at the stages of manufacture, installation, operation of the structure. By changing the design state of the tank, these factors reduce the service life of the structure.

When determining the service life of tanks with various defects, in most cases, the individual residual life of the tanks is estimated, which is calculated on the basis of small-cycle destruction, based on the assumption that cracks develop in the wall metal over the years. However, this method does not take into account many factors (for example, daily changes in wall temperature, etc.).

Thus, there is reason to believe that today the issue of ensuring the reliability of tank structures remains unresolved. The problem of improving the reliability of tank structures should be solved at all stages of their life cycle: in the design, manufacture, installation and testing, operation and diagnosis of tanks.

Consider the concepts of "technical system" and "complex technical system". A technical system is an integral formation consisting of interacting (interrelated) components and having properties that are not reduced to the properties of these components and are not derived from them. Complex technical system – a system consisting of different types (heterogeneous) elements with different types of relationships.

Since the tanks consist of many different types of structural elements, it can be concluded that the tanks for oil and petroleum products are complex technical systems.

					Приложение А	Лист
						128
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

It is obvious that in order to create a computational model to ensure the reliability of tanks as a complex vehicle at the stages of LC and taking into account all risk factors in it, it is necessary to choose the most appropriate one from the existing methods of modeling complex objects and processes. Approaches applicable for system reliability analysis and safety tanks on the stages of the lifecycle, such as statistical, experimental, modelling and expert and have certain characteristics.

The statistical approach is that hazard levels and the state of risk elements are taken on the basis of statistical data. This approach requires a well-established system for the collection and processing of specific information, is ineffective when the data needed to evaluate the effectiveness of fundamentally new processes are not available, and is difficult to take into account all the experience gained in other complex systems because of their significant differences.

The experimental approach does not provide the required efficiency of identifying patterns of interest to the researcher and requires high costs for field tests; moreover, it can not be used for hazardous processes, because it is associated with a threat to human health, as well as with major damage to material and natural resources.

Modeling is devoid of some of these shortcomings, but requires a lot of time to prepare models of processes of interest, and then for qualitative and quantitative analysis of these models. It is also worth noting the dependence of the result on the reliability of the created model. In modelling techniques based on deterministic models to describe the hazards and vulnerabilities constants are used. As a result of the calculations, deterministic estimates of possible losses from the development of accidents are obtained, on the basis of which the risks are estimated.

The method of expert assessments allows to obtain weighted average values of the probability of accidents or the interval of their values on the basis of the generalized rich experience and knowledge of the expert group. This method is advantageous in terms of financial and time costs and in the absence of possible

					Приложение А	Лист
						129
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

environmental damage, and the results of processing will be as close as possible to the real fishing values [5].

Improving the reliability of operation of tanks by introducing new design solutions in the foundations

Currently, the enterprises of the fuel and energy complex (FEC) of Russia operate a tank farm with a total volume of more than 50 million m³. The most common type of storage tanks for oil and petroleum products are steel vertical cylindrical tanks, which represent a special class of structures, essentially unparalleled in industrial and civil construction [10].

Tanks are industrial structures, which, even in normal operation, are in a complex stress-strain state. The stress-strain state of structural elements of vertical steel tanks occurs already at the stage of manufacturing, construction and installation works [7]. The further increase in stresses in the elements of the tank structure is a consequence of the action of both operational loads (hydrostatic load, overpressure, vacuum, snow, wind and temperature loads), and the result of uneven precipitation of its base, both in area and around the perimeter.

Taking into account climatic and geological conditions to ensure stability, the tanks are built on pile foundations. The experience of construction on pile foundations of other industrial and civil structures shows that in many cases with the help of piles it is possible to provide the necessary requirements for the permissible precipitation of structures. This method, used in tank construction, provides more reliable operation of tanks than the method of construction with the use of soil bases.

Construction of tanks on the pile Foundation, on the one hand, solves the problem of ensuring more reliable operation, on the other — creates new problems. Primarily, this is due to the cost, as the cost of such grounds is 1.5 2 times higher than the cost of groundwater, in addition, significantly increases consumption of prefabricated and monolithic reinforced concrete, increased consumption of materials. As a result of increase of bearing capacity of piles their number

					Приложение А	Лист
						130
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

decreases and distance between them increases. However, this leads to an increase in the cross-section of the monolithic grillage and the flow rate of the reinforcement, therefore, the effect obtained by using piles of increased bearing capacity is leveled.

Thus, the use of pile foundations in the construction of tanks does not always lead to the desired results. Hopes that while using pile foundations precipitation tanks would be negligible, and do not work well [9]. In addition, serious problems arise in the construction of pile foundations in areas of permafrost.

Therefore, the question of finding new design solutions in the construction of the bases of tanks, which will reduce costs and increase the bearing capacity of the bases of tanks, remains the most urgent.

For the construction of steel tanks, the most suitable sites are those composed of rocky, semi-rocky, coarse-grained, clay, loamy low-water and medium-wet soils.

At such sites, metal tanks are built mainly on sand pillows. Recently, the situation has become much more complicated, since oil production and processing are developing in the regions of Western Siberia, the Far North, the Far East, where favorable conditions for construction are practically absent, and the need for tanks is so great that its satisfaction required an increase in their individual capacity to 50 thousand m³ or more. Construction in such difficult climatic and engineering-geological conditions requires the development of new design solutions to adapt the land previously considered unsuitable for development.

Under large tanks require less area of buildings, their construction costs are reduced, the device of main and auxiliary communications, vnutriposelkovykh driveways, etc. in addition, the large tanks have a smaller surface area of the oil compared to the surface area of the group of tanks of the same volume and, consequently, decrease oil losses from natural wastage.

But the increase in the geometric dimensions of the tanks has dramatically increased the requirements for the preparation of their bases, and the previously accumulated experience of construction can not be used without appropriate adjustments and requires the search for new design solutions. Piles used in the construction of the foundations of tanks can be divided into classes depending on the shape of the barrel, depending on the method of formation of the lead well.

In tank officially adopted classification of bases and foundations there. Therefore, we have developed and proposed a classification of bases and foundations for vertical steel tanks, the criteria for the construction of which is to take into account the design features depending on the engineering-geological conditions of the construction site, taking into account the capacity of the tank.

Depending on the design solutions, the foundations of the tanks on a natural basis are divided into bulk bases, bulk bases with additional reinforcement, bulk bases with special reinforcement. Pile foundations are divided into pile foundations with a solid pile field and pile foundations with a circular pile Foundation.

Characteristic features of the tanks are large areas of transfer of loads on the base. The greatest danger for the base of the tank is the junction of the wall and the bottom, since it is here that the stress concentration occurs, caused by the combined action of the weight of the structures and the payload from oil or petroleum products.

As the experience of operation of steel vertical cylindrical tanks, especially tanks of large capacity, almost immediately after the hydraulic test, there is an uneven sediment between its Central part and the wall due to the different specific pressure on the ground from the mass of the wall and from the hydrostatic load.

Sediment of tank bases caused by deformation of the soil is an inevitable phenomenon in the practice of operation of tanks. The sediment of the base arises as a result of compression of the soil under load caused by the mass of the tank structure and the liquid stored in it.

					Приложение А	Лист
						132
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Uneven precipitation of tanks is caused by many reasons, the main of which are the following [8]:

- unjustified or incorrect choice of construction site in the location of most tank farms on the multi-meter thickness of low-bearing soils (usually "waste", unsuitable land);
- effects of horizontal movements of soil under the bottom of the tank;
- water saturation and dustiness of the soils of the tank base, which causes their frosty swelling (especially in the regions of Western Siberia), and as a result, uneven uplift and precipitation of the tanks, especially in the off-season.

There is a design of the base of the tank with supports having a cone-shaped cross section. The supports are located along the perimeter of the maximum circle, forming a cone have an angle of inclination equal to the angle of the natural slope of the soil in the backfill of the support. The technical result of the design features is that the supports, having a cone-shaped cross-section, increase the area of support on the ground, thereby increasing the resistance to external loads.

The base of the tank with the use of cone supports allows [8]:

- reduce local differential settlement beneath the tank wall;
- significantly increase the stiffness of the wall and bottom interface.

Vertical steel tank with a protective wall

One of the promising design solutions to limit the emergency spill of stored flammable liquids and the spread of fire in the tank farm is a tank with a double wall. This is one of the options to improve reliability, environmental safety and reduce the risk of accidents.

This tank consists of an inner (primary) tank designed for the storage of product, and an outer tank, performing the function of a protective wall, which serves to hold the product with the tightness of the primary tank or its destruction.

					Приложение А	Лист
						133
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

The advantages of the tank is - reducing the risk of explosion, reducing the risk of fire, operational monitoring of possible depressurization, resistance to environmental influences, the tank does not require collapsing and occupy a smaller area.

Tank multicylindrical wall

Another promising design solution to improve reliability, environmental safety and reduce the risk of accidents in the tank is a tank with a multi-cylinder wall, designed for areas with high seismic activity.

The main advantages of the proposed design of the tank are - the possibility of rapid localization of leaks from the tank when its wall is damaged, increased strength, stability and stiffness, which are achieved due to the small radius of the outer wall, sufficient for the operation of the structure in earthquake-prone areas. Also, in the case of damage to the inner wall, there is no formation of a shock wave acting on the outer wall.

The main structural element that distinguishes the multi-cylindrical tank from the reservoir are hollow steel half-cylinders welded to the main tank and isolated between themselves and the central part.

As follows from the analysis, under the action of water and its own weight there is a ring voltage in the first belt, reaching 160mpa. For "petal" tank stress values reach 200 MPa, but due to the fact that they are observed only in the point zones of attachment of the lobe to the bottom, their impact on the strength and stability of the structure is minimal.